



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ v BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍHO ZKUŠEBNICTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING TESTING

DIAGNOSTIKA HISTORICKÉHO ZDĚNÉHO OBJEKTU

DIAGNOSTICS OF HISTORIC MASONRY CONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

JANA PERNOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav stavebního zkušebnictví

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jana Pernová
Název	Diagnostika historického zděného objektu
Vedoucí práce	Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Schmid, P. a kol. Základy zkušebnictví, CERM, 2001

Anton, O. a kol. Základy zkušebnictví, Návodů do cvičení, CERM, 2002

Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch, 1993

Pytlík, P.; Sokolář, R.: Stavební keramika, CERM, 2002

Příslušné normy ČSN a ČSN EN

Výběr separátů z databáze ÚSZK k danému tématu

Archiv historické literatury ÚSZK.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Úvod - stručný úvod do problematiky.

Teoretická část - rešerše doporučené literatury a vypracování podkladů pro řešení bakalářské práce.

Cíl práce - vypracovat přehled historického vývoje cihel a cihelného zdiva, včetně podrobné metodiky diagnostiky historických zděných konstrukcí.

Metodika řešení - na základě rešerší literatury a poskytnutých informací a studia sbírky historických cihel vypracujte detailní přehled vývoje cihel a cihelného zdiva a podrobnou metodiku diagnostiky historických konstrukcí z cihelného zdiva.

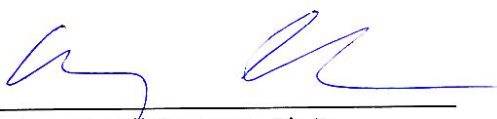
Praktická část - naplánovat a provést předběžný průzkum reálné zděné konstrukce

Závěr - proveďte krátké shrnutí a jasně a přehledně deklarujte výsledky bakalářské práce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je vypracování přehledu historického vývoje cihel a cihelného zdiva, včetně podrobné metodiky diagnostiky historických zděných konstrukcí. Součástí této práce je také předběžný průzkum historického zděného objektu, který zahrnuje pasport poruch a provedení zkoušek odebraných vzorků cihel a malt. V této části je na základě provedeného vizuálního průzkumu, fotodokumentace, vyhodnocení zkoušek a v neposlední řadě informací podaných přítomnými archeology, předložen návrh opatření statického zajištění stavby proti dalšímu zhoršení stavu konstrukce, či dokonce i taková opatření, která by zajišťovala stavbu tak, aby mohla být aktivně využívána.

Klíčová slova

diagnostika, diagnostika konstrukce, historické zdivo, vazba zdiva, cihly, cihlářské výrobky

Abstract

The aim of the bachelor thesis is to elaborate an overview of the historical development of bricks and brickwork, including detailed methodology of diagnostics of historical brick structures. Part of this work is also a preliminary survey of a historical brick building, which includes passport failures and tests of samples taken from bricks and mortars. In this part, based on a visual survey, photographic documentation, evaluation of the tests and information provided by the archaeologists present, submitted a proposal for static construction measures against the further deterioration of the state of construction, or even measures to ensure construction so that it could be actively used.

Keywords

diagnostics, structural diagnostics, masonry, masonry, brick, brick products

Bibliografická citace VŠKP

Jana Pernová *Diagnostika historického zděného objektu*. Brno, 2017. 71 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví. Vedoucí práce Ing. Ondřej Anton, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26. 5. 2017

Jana Pernová

autor práce

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat především mému vedoucímu bakalářské práce, panu Ing. Ondřeji Antonovi, Ph.D. za poskytnutí věcných rad, připomínek a nápadů, také za jeho ochotu a vstřícný přístup při vytváření bakalářské práce. Velký dík patří rovněž paní Ing. Věře Heřmánkové, Ph.D. za pomoc při provádění průzkumu objektu.

Také bych ráda poděkovala všem, kteří mne podporovali během celého studia a především své rodině.

Obsah

1. Úvod	10
2. Teoretická část	12
2.1. Historický vývoj cihlářského výrobku	12
2.1.1. Cihlářské suroviny	15
2.1.2. Tvary a rozměry cihelného výrobku	16
2.1.3. Značení cihel	18
2.1.4. Vazba zdiva	20
2.2. Vývoj cihlářství ve stavebnictví	25
2.2.1. Cihelny a cihláři v naší zemi	25
2.2.2. Technologie výroby	26
2.2.3. Rozdělení cihlářských výrobků dle použití	30
2.3. Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci	32
2.3.1. Zatěžovací zkoušky konstrukcí	32
2.3.2. Omezení zatěžovacích zkoušek konstrukcí	32
2.3.3. Druhy zatěžovacích zkoušek	32
2.3.4. Provádění zatěžovací zkoušky	33
2.3.5. Možnosti stanovení pevnosti cihelného zdiva	33
2.3.6. Pevnost v tlaku zdících prvků	34
2.3.7. Stanovení pevnosti v tlaku malty	37
2.4. Hodnocení existujících zděných konstrukcí	40
3. Praktická část	42
3.1. Informace o objektu	42
3.2. Zaměření objektu	46
3.3. Pasport poruch	47
3.4. Zkoušky provedené na místě	58
3.4.1. Ověření pevnosti v tlaku malty	58
3.4.2. Měření vlhkosti dřeva	59

3.4.3. Měření hustoty dřeva.....	61
3.5. Příprava a zkoušky odebraných vzorků	62
3.5.1. Stanovení pevnosti v tlaku malty	62
3.5.2. Stanovení objemové hmotnosti cihel	63
3.5.3. Stanovení pevnosti v tlaku cihel.....	65
4. Závěr.....	68

1. Úvod

Tématem této práce je podrobný přehled historického cihelného zdiva včetně popisu provedených zkoušek cihelného zdiva v konstrukci a praktické části, která je věnována průzkumu zděného objektu.

V první řadě se pojednává o všeobecném vývoji cihelného výrobku ve světě v průběhu času od dob, kdy si lidé začali uvědomovat, že by přírodní suroviny mohly být využity jako keramický výrobek. Ať už to bylo v nepálené nebo později také v pálené formě, kdy může účinně a bezpečně sloužit jako stavební materiál, jehož rozměry, tvar a složení rovněž prošly velkým vývojem, až po dnešní formu, která je složená z hlíny nebo jílu a dle požadovaných vlastností také přidaných přísad. Hlavním znakem cihel je již od pradávna kolkování, kdy si každý výrobce označoval svůj sortiment k rozlišení výrobků od své konkurence. Tato kapitola je uzavřena výčtem vazeb zdiva, což je jedna z nejdůležitějších součástí provádění staveb tvořící společně s pojivem jeden konstrukční celek, který umožňuje požadovanou statickou pevnost zdiva.

K tradičně nejstarším oblastem lidské činnosti patří průmysl keramiky. Keramikou se v širším slova smyslu rozumí průmyslová výroba a její technologie. Další část této kapitoly s názvem Vývoj cihlářství ve stavebnictví se věnuje vývoji technologie výroby cihlářských výrobků, postupnému přechodu na zjednodušení a ekonomizaci výroby v rámci dobově dostupných možností.

Velký význam v této práci má metodika diagnostiky historických zděných konstrukcí, která slouží ke stanovení pevnosti cihelného zdiva, či pevnosti v tlaku zdících prvků nebo malty a celkové hodnocení existujících zděných konstrukcí. Stanovení metodiky diagnostiky a zkoušek je důležité pro zpracování praktické části.

Druhá část je věnovaná předběžnému průzkumu reálné zděné konstrukce, který byl proveden na základě projevení zájmu obce, ve které se stavba nachází. Jedná se o faru, v době využívání objektu pravděpodobně o jednu z nejdůležitějších staveb v obci, která původně sloužila faráři jako obydlí a také jako určitá matrika. Později byly přistavěny další dvě části. Jedna je označovaná jako přístavba, využívaná zřejmě pro rozšíření obytného prostoru. Druhou částí je sýpka, která mohla sloužit k uskladnění potravin, kdy lidé z obce nosili na faru své desátky. Před několika lety se stavba přestala naprosto využívat, začala upadat a chátrat. Dnes je opět o tuto stavbu zájem, a proto bylo provedeno celkové zaměření stavby pro zakreslení trhlin, poruch a zhodnocení stavu zdiva. Byl proveden odběr vzorků cihel a malty, na kterých se poté provedla zkouška pevnosti v tlaku dle současné normy. Součástí práce je také podrobná fotodokumentace

celé stavby. Závěr praktické části je pak věnován zhodnocení stavu konstrukce a určitému doporučení statického zajištění pro další využití budovy.

2. Teoretická část

2.1. Historický vývoj cihlářského výrobku

Cihla jako stavební výrobek s velkou tradicí prošel tisíciletým vývojem jak z hlediska zatěžovacího, tak funkčního. Patří mezi základní a nejstarší keramický výrobek, vyráběný z přírodních surovin - hlín a jílu. Dodnes stále stojí mnoho dochovaných cihelných historických staveb, což dokazuje velkou kvalitu a spolehlivost tohoto materiálu. Další velkou výhodou, kterou cihla disponuje, je nízká cena, která se odvíjí od dobré dostupnosti surovin pro její výrobu. Díky těmto pozitivům se zdívo stalo výrazným architektonickým prvkem již od dávných časů. [1,3,6]

Nejstarší výrobky v nepálené formě se datují v rozmezí 8 500 až 7 500 let před naším letopočtem, a to v oblastech s nedostatkem jiného stavebního materiálu. Až po delším vývoji, přibližně v roce 3 500 před naším letopočtem, se v Mezopotámii ukázalo, že pálená cihla má mnohem lepší vlastnosti, odolnost proti povětrnosti, vyšší pevnost a větší trvanlivost. Později byl její povrch upravován glazováním, čímž se mimo jiné zvýšila také trvanlivost výrobků. Největšími zděnými stavbami staré Mezopotámie jsou monumentální stupňovité pyramidy - ziguraty, které mají vnitřní část z nepálených cihel a vnější z pálených. Největšího architektonického rozkvětu však docílil novobabylonský nejznámější král Nabukadnezar II. v letech 604 - 562 před naším letopočtem. V tomto období se začaly používat cihly dokonale tvarované pomocí dřevěných forem. [1,7]

Skutečně dochované pálené cihly pocházejí ze starověkého Říma, zhruba 400 let před naším letopočtem.

V českých zemích se cihla začala používat až v 10. století. Její velký rozmach nastal až o dvě století později. Z této doby se zachovala například brněnská Bazilika Nanebevzetí Pany Marie, nebo chrám v Hradci Králové, v Nymburce, či Staronová synagoga v Praze.

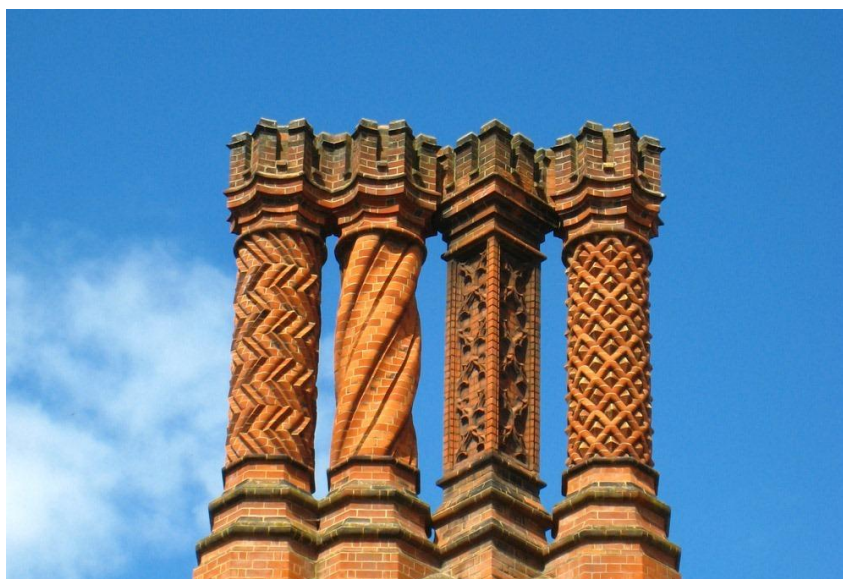


Obr.1 Bazilika Nanebevzetí Pany Marie [25]

Zatímco ve 13. století v italské Florencii vzniká katedrála Santa Maria del Fiore a na ní v 15. století pak dokončuje Filippo Brunelleschi zděnou, dvouvrstvou kupoli, v relativně izolované Anglii nabývají zděné konstrukce odlišných rozměrů, které se projevují například různobarevným režným zdivem s diamantovými vzory a kroucenými komíny.



Obr.2 Kupole katedrály Santa Maria del Fiore, Florencie [26]



Obr.3 Hampton Court Palace [27]

Až po dlouhém vývoji a rozšiřování výroby, kdy z důvodu lepší zpracovatelnosti a všeobecně lepších vlastností začíná cihla nahrazovat stavební kámen, se stává na konci 18. století dalším důležitým mezníkem průmyslová revoluce. Do poloviny 19. století funguje zpravidla pouze málo cihelen, jelikož k výrobě je zapotřebí výhradní právo, které však není snadné získat. Po novém obecním zřízení se cihlářství stává volnou živností a cihly může vyrábět prakticky každý, což se velmi začíná projevovat na technologii výroby. Přechází se z řemesla na průmyslovou výrobu. Jsou vyvinuty nové postupy v přípravě cihlářské suroviny, tvarování, sušení a vypalování.

V osmdesátých letech jsou na trh uvedeny cihly s pórovitým střepek a větším podílem dutin. Tyto dutiny jsou lépe uspořádány a spolu s pórovitostí vedou k ještě lepším izolačním vlastnostem. Vzniká tak různá forma lehčených cihelných tvárnic typu THERM se vzduchovými dutinami. Tato póry vylehčená tvárnice využívá jako základ tisíce lety ověřené vlastnosti cihelného střepek a svou moderní konstrukcí se speciálními tvary otvorů, velikostí a systémem zazubení spolehlivě splňuje současné, často protichůdné požadavky na stavební dílo. Ve výsledku tyto prvky způsobují zvýšení jejího tepelného odporu při zachování potřebné pevnosti.[2,7]

Díky moderním technologiím cihla už dávno není pouze výrobkem pocházejícím z jednotlivých řemeslných postupů, kdy každá výrobní měla různé teploty sušení a výpalu, vnitřní struktura tak byla značně nerovnoměrná a proměnlivost hotových výrobků byla velká a nesrovnatelná. V současné době je cihla produktem automatizovaného, průběžně kontrolovaného výrobního procesu, který zajišťuje rozptyl konečných vlastností v úzkých tolerancích, jejichž dodržování je garantováno důsledným systémem pravidelné kontroly výroby. [8]

Přestože je 20. století ve stavitelství považováno za éru betonu, oceli a skla, cihel bylo vyrobeno více než v kterémkoliv jiném století v historii. Zdivo tak zdaleka neztrácí svou pozici, a to i přesto, že se sice nevyjímá svými vlastnostmi na nejvyšších pozicích, ale v konečném součtu se řadí na špici pořadí stavebních materiálů. Současně nastává období, kdy jsou využívány kombinace různých materiálů a tak se možnosti jeho uplatnění dále umocňují. [3,8]

2.1.1. Cihlářské suroviny

Cihly se odedávna vyráběly z různých převážně anorganických látek, které dostatečně upravené poskytují výrobní surovinovou směs vhodnou k vytváření a k dalšímu zpracování cihlářské výroby. Především jsou z jílovité hlíny s nízkým obsahem vápníku a vápenatého písku, nejčastěji tzv. spraše, které vznikaly během posledních ledových dob navátím jemného prachového materiálu. Suchá hlína má světlou barvu a po smíšení s vodou se změní na tak

plastickou hmotu, že je do ní možné vtlačit čistý otisk ruky. Bylo nezbytné dbát na odstranění kořínků, kamenů, či jiných nečistot, které mohly způsobit prasknutí výrobku. Po odležení se do hlíny přidávalo tzv. ostřivo, což je příměs, která slouží k akumulaci tepla a rovnoměrnému prohřívání celého objemu cihly bez sebemenšího popraskání. Ve starších obdobích se jako ostřivo používaly organické látky, a to zejména obilné plevy a nadrobno nasekaná hlína. Nejen, že tyto příměsi při výpalu vyhořely a vzniklé dutiny zvyšovaly pórovitost hotového výrobku, ale také snižovaly hmotnost hotové cihly a tím snižovaly množství materiálu použité při její výrobě. Později byly tyto látky zaměněny za křemičitý písek a to v poměru 1:4. [2,6]

Cihlářské suroviny jsou podle složení a vlastností, kterými se při zpracování projevují, rozděleny do následujících skupin:

- cihlářské zeminy (hlíny, jíly) - vyznačují se tím, že po smíchání s vodou (15 až 25 %) poskytují těsto plastických vlastností schopné tváření a po vypálení (900 až 1050 °C) propůjčují výrobku charakteristické znaky, jako je vysoká pevnost, typické červenavé zbarvení, odolnost proti působení vody, povětrnosti a podobně
 - dále dělí se podle obsahu významných nerostů na vápenaté neboli uhličitánové (s obsahem nad 5 % CaCO_3) a bezvápenaté (s obsahem CaCO_3 menším než 5 %)
- přísady - slouží ke zlepšení průběhu technologického procesu, či k ovlivnění vlastností výrobních směsí, případně i hotového výrobku, pomocí ostřiva (písek, popílek, škvára, aj.), lehčiva (dřevěné piliny, rašelina, uhelný prach, aj.), případně i další látky [6]

2.1.2. Tvary a rozměry cihelného výrobku

Pokusy o unifikaci rozměrů cihlářských výrobků v Evropě jsou známy již od středověku. Nejčasnější snaha vychází ze 13. století z italských Benátek, kdy byl za účelem kontroly měř a vah výrobků zřízen úřad, který kontroloval rozměry cihel a střešních krytin. Dále byla snaha zavést jednotné rozměry v Pise a to dle již produkovaných cihel, dále také v Královci, kde byla délka nařízena na 1/2, šířka na 1/4 a tloušťka na 1/8 chelmského lokte, či v polském Krakově, kdy král Zikmund III. Vasa ustanovil roku 1595 konečné určující parametry, které jsou ve stejném poměru, jako tomu bylo v Královci. Obecně lze však říci, že středověká nařízení se snažila udržet poměr rozměrů zdících cihel na hodnotách 1:2:4.

V rámci rakouské monarchie byl 6. září 1686 na základě rozhodnutí císaře Leopolda I. zhotoven první cejchovaný cihlový model, který ovšem platil pouze pro Vídeň a Dolní Rakousko. Veškeré míry byly dány v dolnorakouských palcích (1 palec = 2,634 cm). Kupříkladu cihly měly rozměr 11 1/2 x 5 1/4 x 2 1/2 palce (tj. 30,2 x 13,8 x 6,6 cm). Později byly tyto rozměry v letech

1715 a 1773 dvakrát kosmeticky upravovány. Odchylnou (menší či tenčí) cihlu směl od roku 1781 cihlář zhotovit jen v případě, že zákazník měl požadavek na jiný rozměr než předepsaný, a uzavřeli s ním písemnou smlouvu.

První předpis s účinností pro celou monarchii uvádějící rozměry cihel byl vydán ve Vídni 31. března 1788. Cihla zdice měla mít rozměry 12 x 6 x 3 palce. Zde se však otevírá otázka rozměrů vzorků před vypálením a po vypálení. V závislosti na materiálu se oproti formě vypálená cihla zmenšila. Na základě tohoto zjištění bylo možné rozměry upravit a zvětšit je tak, aby se rozměr po vypálení rovnal rozměru požadovanému dle daného předpisu.

V Čechách a na Moravě přistupovali k tomuto zjištění poněkud odlišně. Na Moravě přijali fakt, že vypálená cihla má jiný rozměr a uvažovali přímo s menšími mírami po výpalu 11 1/2 x 5 3/4 x 2 3/4 palce a tedy ponechali cejch dle předpisu. V Čechách panovala po dlouhý čas zcela jiná teorie. U veřejných zakázek měly platit rozměry uváděné ve všeobecných instrukcích pro monarchii. To ovšem stále nevedlo ke sjednocení všech rozměrů, a proto byl vytvořen návrh ideálních měr a dotazník pro jednotlivé kraje, jaké typy cihel jsou používány. Tento dotazník byl rozeslán na krajské úřady, které měly za úkol prošetřit místní podmínky. Z průzkumu vyplývá značná rozdílnost v produkci. Avšak odpovědi se poměrně shodovaly. Téměř ze všech odpovědí vyplývalo zavrnutí nových speciálních rozměrů cihel pro výstavbu komínů. Na základě výsledků a dalších jednání došlo ke shodě ve velikosti cihel. Předepsané parametry po výpalu byly publikovány guberniálním nařízením z 11. července 1839 a to 11 1/2 x 5 1/2 x 2 1/2 palce pro obyčejné zdice. [2,5,7]

Tab.1 Přehled rozměrů cihel pro celou monarchii dle Martina Ebela

Přehled rozměrů cihel				
Veškeré míry v dolnorakouských palcích (1 palec = 2,634 cm).				
Obyčejné cihly zv. Zdice (Mauerziegeln)		délka	šířka	výška
Dolní Rakousy	1686	11 1/2	5 1/4	2 1/2
Dolní Rakousy	1715	11	5 1/4	2 2/3
Dolní Rakousy	1773,1798	11	5 1/4	2 1/2
Monarchie	1788	12	6	3
Morava	1810	11 1/2	5 3/4	2 3/4
Monarchie	1831	11	5 1/2	2 3/4
Čechy	1839	11 1/2	5 1/2	2 1/2

Tab 2. Přehled rozměrů cihel v Čechách a na Moravě dle Martina Ebela

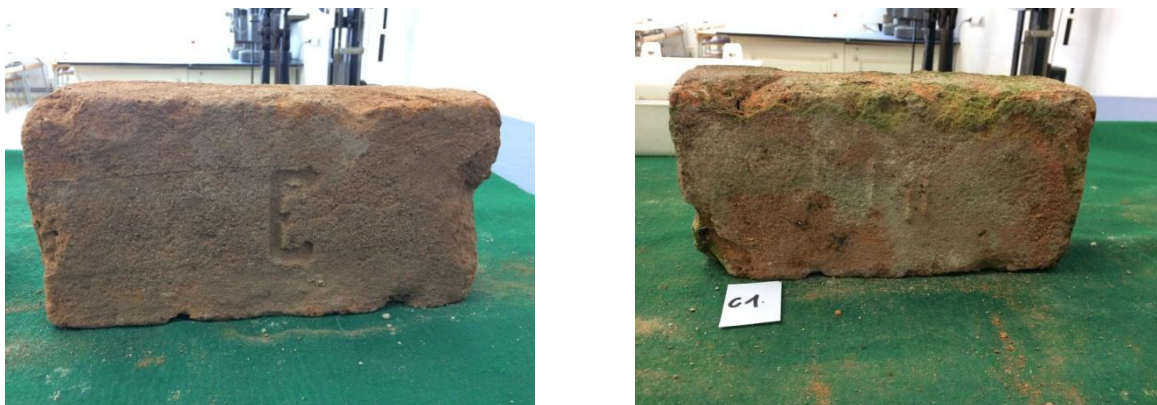
Vyšetření stavu výroby různých cihlářských výrobků v Čechách dle krajů (hlášení z let 1837/1838)									
Cihly obyčejné - zdice									
	délka			šířka			výška		
	min.	průměr	max.	min.	průměr	max.	min.	průměr	max.
Praha		11 1/2			5 1/2			2 1/3	
Berounsko	míry neudány								
Boleslavsko	10	11 1/2	12	4	5 1/2	5 1/2	2	2 1/2	2 3/4
Budějovicko	údaje nedochovány								
Bydžovsko		11 1/2			5 1/2			2 1/2	
Čáslavsko		11 1/2			5 1/2			2 1/3	
Hradecko	zpráva chybí								
Chrudimsko	10	11 1/3	11 1/2	5	5 1/2	5 3/4	2 1/8	2 1/2	2 3/4
Klatovsko	10 1/2	11 1/2	12	5	5 1/2	6	2	2 1/3 2 1/2	2 1/2
Kouřimsko	míry neudány								
Litoměřicko		11			5 8 ^[10]			2 3/4	
Loketsko		11 1/2			5 1/2			2 1/3	
Plzeňsko		11 1/2			5 1/2			2 1/2	
Prácheňsko ^[11]		11 1/2			5 1/2			2 1/2	
Rakovnicko ^[12]	9		13	4 1/2		6	1 3/4		3
Táborsko	míry neudány								
Žatecko		11 1/2			5 1/2			2 1/3	
¹⁰ Litoměřická specialita na různé tloušťky zdi (po 3 palcích) ¹¹ Nejednotné míry, uvedené používány nejčastěji na výpočty ¹² Pouze panství Pátek mělo neobvyklý rozměr 12 x 6 x 3. V Roztokách byly neobvyklé cihly 14 x 6 x 2 1/2									

2.1.3. Značení cihel

Již na středověkých cihelných výrobcích se vyskytují na horních ložných, či styčných plochách cihel otisky, které měly označovat výrobní cihelny, podobně jako keramické značky stavebních hutí či mistrů. Kromě tzv. prstování, které vznikalo především ke zhutnění materiálu, se jedná především o populární otisky psích tlapek. Tyto otisky jsou známy téměř ze všech lokalit, kde se vyskytují pálené cihly. V rámci průzkumu brněnské stavební keramiky je znám i otisk lidských nohou na výrobcích. Běžnější jsou pak otisky prstů či celých dlaní na veškerém sortimentu stavební keramiky. Tato rozlišení sloužila ke snadnějšímu rozpoznání výrobce, jestliže byl nalezen vadný výrobek, mohl jej kdokoliv vrátit zpět.

Hlavním znakem středověkých cihel, jak již bylo zmíněno, je prstování, které se vyskytuje na cihlách datovaných od 13. do 16. století. Toto označení bylo pozorováno na výrobcích, které spadají do pozdní gotiky nebo počínající renesance (15. - 16. století).

Počátky kolkování je řadí do pozdní gotiky, kdy bylo kolkováno pouze obchodní zboží, kdežto výpaly pro vlastní potřebu kolky postrádaly. Jedny z nejstarších kolků jsou uváděny na fragmentech produkce cihel biskupa Bernwarda von Hildensheim (933 - 1022), kde se vyskytuje nápis "Bernwardus". Na tento kolek navazuje tradice dalšího značení. Z počátku se jednalo o kolky vystupující (pozitivní) a ty se zhotovovaly rýhou ve dně formy. Tohle značení pochází z Vídně z 15. století, ovšem pozitivní kolky se dají nalézt také na cihlách, které spadají až do období 17. a 18. století. Od 19. století platilo nařízení, že na cihlách mají být vyraženy značky cihelny (iniciály výrobce). [2,4]

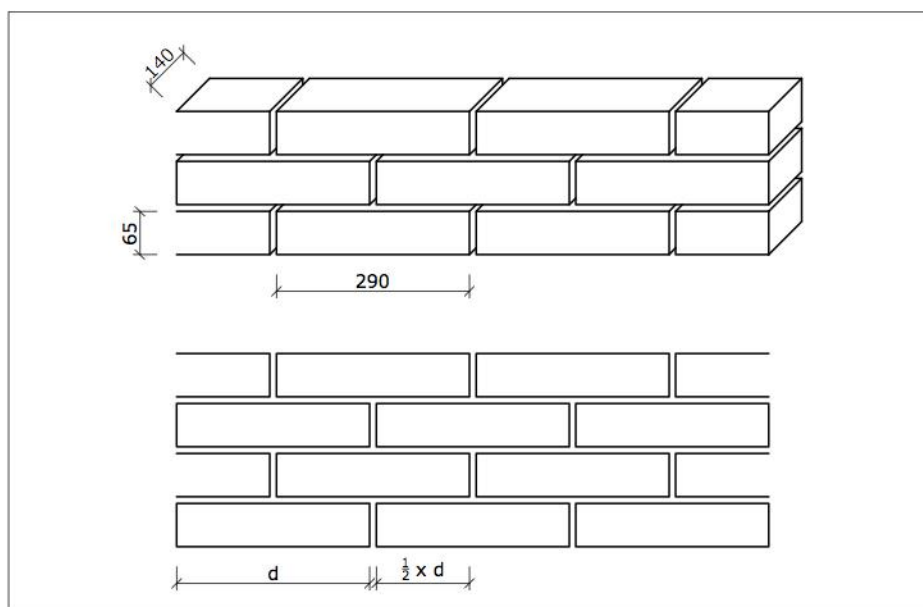


Obr.4 Ukázka negativního (vpravo) a pozitivního značení (vlevo) [25]

2.1.4. Vazba zdiva

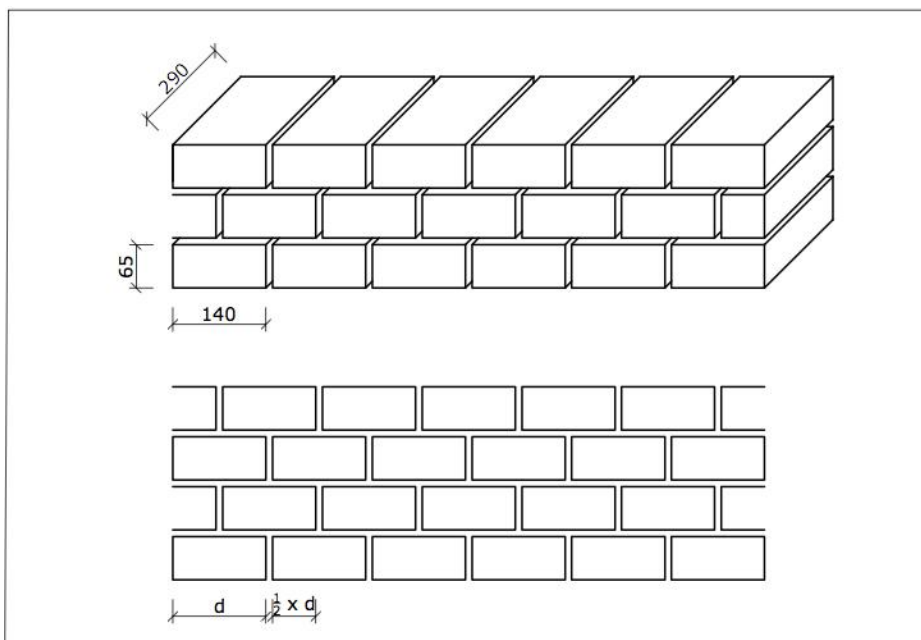
Zdivo je pojem, kterým se rozumí seskupení zdících prvků uložených podle stanoveného uspořádání spojených vhodným pojivem. Díky předepsanému spojení kusového staviva nastává vzájemné spolupůsobení mezi jednotlivými prvky společně s pojivem a vzniká tak jeden konstrukční celek, který umožňuje požadovaný statický přenos sil od svislého zatížení. Typ vazby má velký vliv na statickou pevnost zdiva, což se ale týče spíš klasických cihel. U cihel režných se jedná především o jejich estetickou funkci, kdy jsou použity jako fasádní přízdívky, obezdívky krbu, případně zahradní zídky. Tato funkce je splněna díky různému vzájemnému vázání, které se výrazně v průběhu času neměnilo. Mezi hlavní vazby patří následující:

- běhounová vazba - nejjednodušší a nejčastější vazba, která také vyžaduje nejnižší spotřebu cihel (u klasické cihly plné pálené se jedná o 45 ks/m^2). Je tvořena pouze podélně kladenými cihlami, kdy přesah dvou po sobě jdoucích vrstev je obvykle o půl, případně o čtvrt délky cihly.
 - používá se při vyzdívání příček na půl cihly (15 cm silných) nebo při vyzdívání parapetních zdí (pod oknem), kde se mezi dvěma zdmi nechává dutina 6 cm široká, rovnoběžně s lícem zdí
 - příčky 15 cm silné se nepoužívají za nosné zdi, proto se na ně neukládají stropní ani jiné nosníky



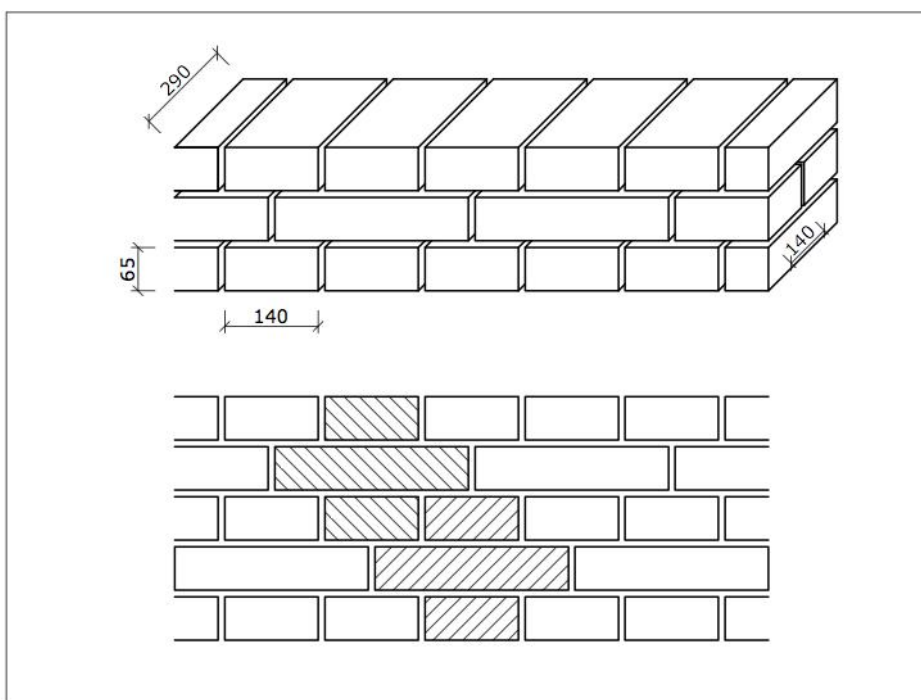
Obr.5 Běhounová vazba [28]

- vazáková vazba - tato vazba je specifická v tom, že má největší spotřebu kusových cihel, jelikož jsou ukládané na šířku (90 ks/m^2), přičemž se převazují o čtvrtinu jejich délky.
 - používají se zřídka, a to jen pro zdi na cihlu (30 cm) silné
 - uvažují se za zdi nosné, v půdorysu nesoucí další zdivo nebo střešní konstrukci



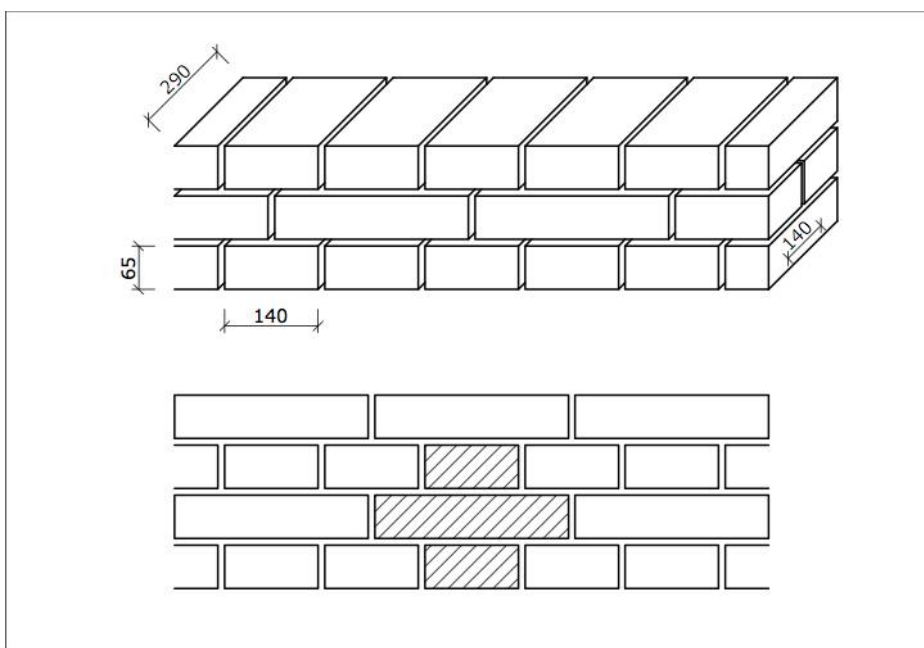
Obr.6 Vazáková vazba [28]

- křížová vazba - běhouny a vazáky leží ob řadu nad sebou, přičemž běhouny každé druhé řady jsou přesazeny o půl cihly, takže plochu vykreslují těsně k sobě přiléhající kříže.



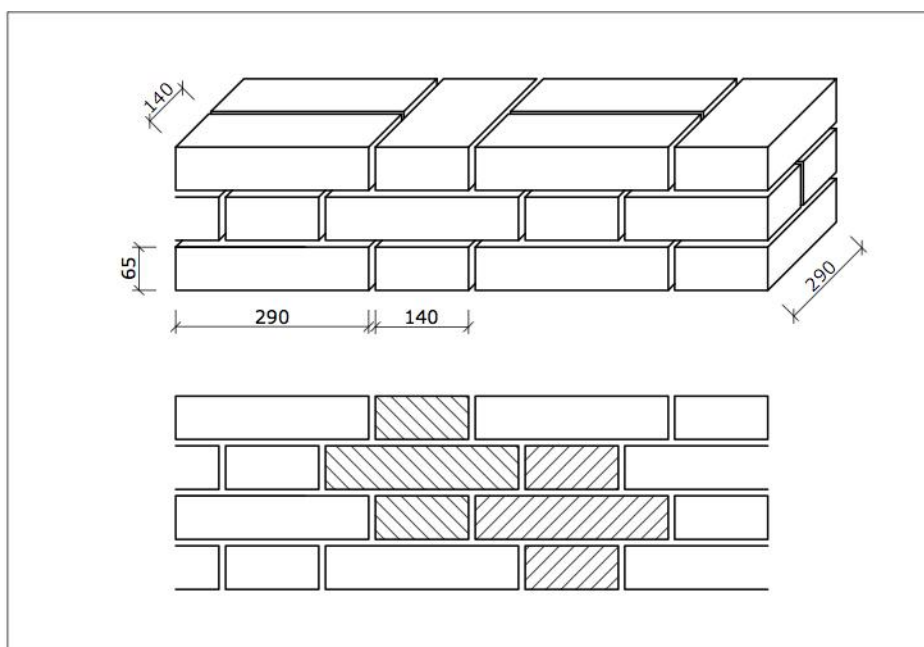
Obr.7 Křížová vazba [28]

- polokřížová vazba - obdoba křížové vazby. Někdy označovaná též jako anglická nebo bloková, kdy se běhouny a vazáky opět střídají po řadách, ale leží vždy v ose nad sebou.
- běžně se používá při zdění nosných zdí silných 45 cm a širších



Obr.8 Polokřížová vazba [28]

- gotická vazba - pravidelně střídající se běhouny a vazáky, přičemž jedny i druhé jsou vůči sobě v každé následující vrstvě vždy přesazeny o čtvrt cihly.



Obr.9 Gotická vazba [28]

K zajištění náležité vazby zdiva musí být vzájemně spojeny maltou v souladu s prověřenou praxí. Zdivo a také jeho jednotlivé komponenty musí splňovat následující požadavky:

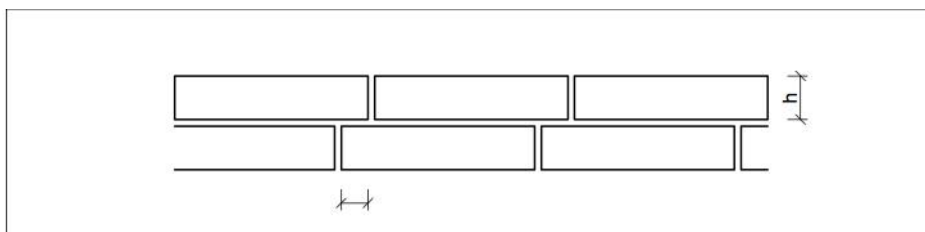
- bezpečnost
- trvanlivost a rozměrovou stálost
- únosnost a tuhost
- požární odolnost
- tepelnou ochranu a akumulační schopnost
- ochranu proti hluku
- zdravotní nezávadnost
- schopnost propouštět vzdušnou vlhkost apod.

K zajištění těchto hlavních kritérií musí současně přispět i jednotlivé komponenty zdiva - zdící prvky, malty pro zdění a omítky. Velký vliv na konečné vlastnosti zdiva má však pečlivost a způsob provedení.

V současnosti se řídíme především předepsaným normovým hodnotám. Pro zajištění náležité vazby zdiva ze zdících prvků pravidelného tvaru a stejných rozměrů mají být svislé spáry mezi cihlami vždy ve dvou sousedních vrstvách posunuty alespoň na délku rovnou větší z hodnot

pro $h \leq 250 \text{ mm} \rightarrow 0,4 \times h$ nebo 40 mm

pro $h \geq 250 \text{ mm} \rightarrow 0,2 \times h$ nebo 100 mm (h = jmenovitá výška cihel)



Obr.10 Schéma minimálního odstupu styčných spár [28]

V rozích nebo v místě křížení stěn nesmí být přesah prvků menší než jejich šířka a zároveň musí být splněno následující

$0,4 \times v$ nebo šířce prvku (v - výška prvku)

Například při použití cihelných bloků THERM, jež mají výšku 238 mm vychází minimální délka převázání 95 mm. Pro broušené bloky s výškou 249 mm je minimální vazba 100 mm. Doporučený půdorysný modul stavby 250 x 250 mm zaručuje u cihel THERM délku převazby 125 mm.

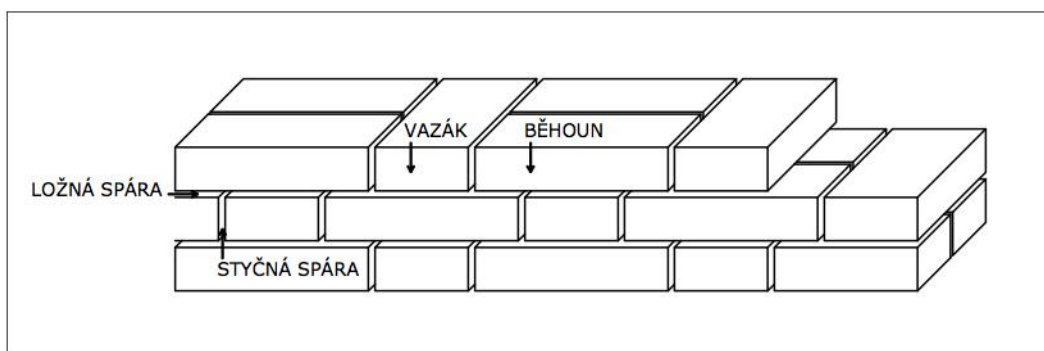
U cihel pro tradiční zdivo platí zásada posunutí styčných spár v každé vrstvě o 1/4 nebo 1/2 cihly a nikde nesmí být spára nad spárou ve dvou po sobě jdoucích vrstvách. Doplnkové zdící prvky se používají pro dosažení požadované délky převázání v ostatních částech stěny.

Pokud se stýkají nenosné stěny s nosnými, je třeba počítat s možností rozdílných deformací vlivem smršťování a dotvarování. Pokud nejsou takové stěny vzájemně provázány, musejí být svázány vhodnými spojkami, které dovolují rozdílné deformace.

Cihly se pokládají do rozprostřené maltové vrstvy, která ve zdivu tvoří ložnou spáru. Ložné spáry musejí být vodorovné, pokud neurčí projektant jinak. Zdící prvky se ukládají do maltě nanesené v celé šířce zdiva, maltování v pruzích se nedoporučuje, jelikož se snižuje pevnost zdiva.

Tloušťky ložné a styčné spáry:

- obyčejná nebo lehká malta - 6 mm - 15 mm
- malta pro tenké spáry - 0,5 mm - 3 mm
- malta specificky vyvinutá pro určité použití a je-li v návrhu počítáno s obyčejnou maltou - 3 mm - 6 mm [8,9,10,11,12]



Obr.11 Schéma znázorňující prvky cihelné vazby [28]

2.2. Vývoj cihlářství ve stavebnictví

K tradičně nejstarším oblastem lidské činnosti patří průmysl keramiky. Keramikou se v širším slova smyslu rozumí průmyslová výroba výrobků pálením keramických surovin, k nimž patří využívání anorganických nerudných surovin, zejména jílu, kaolínů, sprašů, jílovité břidlice, atd., kterých je u nás stále dostatek a jejich zpracování má dlouhou tradici, bohaté zkušenosti a velkou budoucnost. Pro keramický průmysl je příznačné, že výrobky jsou tvarovány za studena a následně zpevňovány pálením, případně odléváním taveniny. U nás, zvláště na venkově, byly vyráběny i sušené nepálené cihly tzv. "vepřovice, syrovíce, kotovice", které neměly přijít do styku s vodou.

2.2.1. Cihelny a cihláři v naší zemi

Nejjednodušším typem cihlen byly příležitostně otevřené hliníky (hliniště), kdy majitel pozemku pronajal danou lokalitu cihláři a jeho pomocníkům. Ti nakopali vhodnou hlínu, připravili formu, postavili jednoduchou pec, připravili dřevěné přístřešky na zakrytí sušených cihel a výroba cihel mohla začít. Jednalo se především o výrobu na zakázku, kdy nebylo vyráběno více kusů, než bylo objednáno. Říká se tedy, že šlo prakticky o kusovou výrobu. Kvalita cihel odpovídala výrobě. Dnes se tyto cihly rozpadají, případně jsou přepálené do fialova či tvarově deformované. Odběrateli tohoto cihlářského zboží byli zřejmě méně majetní občané, pro které byla i tato forma cihly dostačující.

Podle dobových pramenů se cihláři ve středověku dělili na cihláře krycí, vyrábějící střešní krytiny, a cihláře zdící, vyrábějící cihly. Tomu by mohl nasvědčovat i fakt, že v Sezimově Ústí byly nalezeny dvě cihlářské pece. První z nich se dá interpretovat jako výrobní areál tzv. cihláře krycího, jelikož ve výrobním procesu byly nalezeny zlomky prejšů a ploché tašky. Druhý výrobní areál mohl náležet cihláři zdícímu - zde převažovaly cihly a jejich zlomky.

V našich zemích nalézáme nejstarší zprávy o cihlářském řemesle od počátku 14. století. Jedná se především jen o zmínky v městských knihách, kdy cihláři a vápeníci tvořili hospodářsky zajištěnou skupinu měšťanů, která si již v roce 1310 vymohla v Praze statutem pevnou sazbu. Na druhé straně se dozvídáme o cihlářích - podruzích, kteří žili v podnájmu na předměstí. Dokonce údajně mnozí byli v takové situaci, že ani nepřispívali do městské sbírky.

Psaná historie brněnských cihlen je stanovená rokem 1343. Zde bylo možné sledovat 11 držitelů cihlen provozující cihelny na předměstí. Všechny brněnské cihelny se nacházely nedaleko městských hradeb. První byla umístěna jihovýchodně od Židovské brány. Ta náležela cihláři Konrádovi. V blízkosti, poněkud západněji, se nacházela druhá cihelna, a to dokonce v městském

příkopu, označená důsledně "Před Židovskou branou", což je tedy oblast dnešního Dornychu a Křenové. Těžba hlíny v Brně ohrozila statiku městských hradeb, a proto městská rada v roce 1346 přiměla cihláře Haimana k výstavbě opěrné zdi. Cihlář Haiman dle zápisu z roku 1353 svou práci nedokončil a odešel z města. Další cihelna se nacházela v oblasti nazývané "Na Leči", před branou Veselou poblíž potoka vedoucího od Kraví hory. Tento potok se stal údajně i potřebným zdrojem vody pro potřeby výroby. Naposledy je o této cihelně zmínka mezi roky 1477 až 1510, protože musela ukončit svou činnost.

Z období novověku se dochovaly zprávy o velkém nedostatku cihel po třicetileté válce. Zemský tribunál chtěl od městské cihelny, aby pro ně udělala zakázku na stavbu nového křídla Zemského domu. V této době mělo Brno jen jednu pec, ve které se mohlo najednou vypálit asi 60 000 cihel a 10 000 tašek. Po vypálení se muselo čekat sedm týdnů, než tato pec vychladne, takže výroba zde vázla. Mzdy a výdaje na provoz cihelny byly velmi vysoké a město nemělo z výroby zisk. Proto se nedělaly zásoby, ale páliło se jen tolik, kolik bylo nutné na vyřízení objednávky. Tato cihelna se pravděpodobně nacházela v místech dnešní ulice Veveří.

V průběhu 19. století se pak spolu s rostoucím zájmem o stavební materiál a současně s rozvojem města výrazně rozšiřuje cihlářská výroba.

Až do poloviny 50. let 20. století byly tyto cihelny blíže k bývalým městským hradbám postupně zastavovány obytnými domy. Dále od centra města byly některé cihelny provozovány ještě v průběhu následujících desetiletí, ale poté tam byl provoz utlumován v důsledku změny technologie výroby.

Dnes, kdy se využívá automatické výroby, si jen stěží dokážeme představit dřinu našich předků, tzv. ručních cihlářů. [2,4,13]

2.2.2. Technologie výroby

Základní princip výroby cihel se od dob starověkého Egypta po celá staletí neměnil. Vyráběly se z jílovité hlíny s nízkým obsahem vápníku a vápenatého písku. Nejčastěji to byly spraše a to hlavně díky dostupnosti tohoto materiálu, což spraš velmi dobře splňovala, jelikož její přítomnost je ovlivněna navátím jemných prachových částic. Tato světlá hlína se po smísení s vodou změní v plastickou hmotu.

Při výrobě byl materiál primárně zbaven nečistot, kořínků či kamenů. Například přítomnost většího kamene by mohla při výpalu způsobit prasknutí výrobku. Po odležení se do hlíny přidávalo tzv. ostřivo, což je příměs, jejímž účelem bylo akumulovat teplo a rovnoměrně

prohřívát objem cihly bez jejího popraskání. Nejčastěji se používal křemičitý písek. Mohlo se používat také organické ostřivo, jako jsou obilné plevy a nadrobno nasekaná sláma. Tyto příměsi při výpalu vyhořely, tím vznikly dutiny, které zvyšovaly pórovitost hotového výrobku a zároveň snižovaly hmotnost hotové cihly, čímž pak vznikala výrazná úspora cihlářské hlíny při výrobě. Ostřiva obecně snižovala náchylnost plastických surovin k deformaci během sušení a pálení, regulovala odběr vlhkosti z materiálu, redukovala riziko popraskání.

Připravená cihlářská směs byla ručně zpracovávána pomocí dřevěných a od 19. století i plechových forem. Kvůli kompenzaci teplotního smrštění během výroby cihly byl vnitřní prostor formy o cca 8 mm větší než požadovaný rozměr hotového výrobku. Od starověku až do 19. století byl postup formování téměř totožný. Forma se položila na hladkou desku, vnitřní část se zvlhčila vodou, posypala jemným pískem a vyplnila přiměřeným množstvím připravené cihlářské hlíny. Kladl se důraz na důkladné vyplnění všech rohů formy. Horní plocha byla zarovnána s okrajem formy. Na rozdíl od cihel z doby římské a románské, které měly horní plochu hladkou, byly na gotických výrobcích zřetelné stopy podélného hlazení prsty, tzv. prstování. Vzniklé nerovnosti mohly být účelně vyrobeny pro lepší vázání nerovného povrchu a malty ve zdivu.

Na dřevěnou desku byla obrácená a sejmutá forma měkké surové cihly. Tato deska byla posypána pískem nebo senem, což vedlo k zabránění nalepení ještě vlhké cihly.



Obr.12 Dřevěná forma pro cihlu s negativním kolkem [25]

Následně se přešlo k poměrně dlouhé fázi výroby zvané sušení. Cihly se několik týdnů až měsíců nechávaly ve stojaté pozici kvůli úspoře místa na stinném a dobře větraném místě vysychat. Takovýmto místům se říkalo sušárny. Celý proces byl nazýván tzv. štorcování.

Proces sušení je při výrobě cihlářských výrobků velmi důležitý. Je nutné regulovat tuto fázi tak, aby se voda odstraňovala rovnoměrně. Jílová část hlíny může být tvořena tzv. jílovými

minerály ze skupiny kaolinitu, illitu a montmorillonitu. Tyto minerály mají schopnost bobtnání. Cihlářská hlína nasakuje vodu jak mechanicky, tak chemicky. Při sušení se keramické výrobky zbavují mechanicky vázané vody a tím dochází ke smrštění (2 – 10 %). V průběhu tohoto procesu vznikají v cihlách vnitřní napětí, která mohou mít na svědomí vznik trhlin a prasklin. Chemicky vázaná voda se uvolňuje až při fázi pálení v rozmezí teplot 450 - 600 °C, kdy nastává další smrštění (3 – 8 %).

Sušení trvalo několik týdnů, či měsíců. Následně byly cihly umístěny do pece, která mohla mít v závislosti na velikosti cihelny různý tvar, avšak vždy byla vybavena průduchy, které umožňovaly regulaci přístupu vzduchu a podle potřeby se ucpávaly kamením či zazdívaly. Cihly neměly být v peci vystaveny přímému kontaktu s ohněm, a proto se ukládaly na zděné lavice nebo perforovanou podlahu. Následovalo zažehnutí ohně v peci. V první fázi bylo hoření tlumené, aby se z cihel odpařovala vlhkost. Tento proces obvykle trval několik dní. V tomto stádiu byl dým vycházející z pece mastný a zapáchající, ale jakmile se změnil na suchý a v peci začaly šlehat bílé plameny, pak teprve začal vlastní výpal. Byly otevřeny přírůby vzduchu a po několik dní se teplota postupně zvyšovala, až dosáhla 800 - 900 °C. V poslední fázi byly průduchy opět uzavřeny a nastalo dopálení cihel. Po vychladnutí pece byly cihly vytaženy, přičemž popraskané a nedokonale vypálené kusy se vyřadily. Obvykle se nepodařilo vypálit všechny cihly v jedné várce ve stejné kvalitě a barvě, což bylo způsobené různou vzdáleností staviv od středu ohniště. [13]

Dnešní výroba cihel v moderních a automatizovaných cihlárnách je zcela jiná.

Pro keramiku je typický technologický postup, který sestává z těžby, následně hlína prochází nejdříve linkou na úpravy a zpracování surovin. Dále se surovina mele kolovým mlýnem a následně se ukládá v odležovacích boxech, kde se vyrovnává její vlhkost. Odležení suroviny je velmi důležité pro ustálení vlastností. Poté se hlína mele, homogenizuje a dovlhčuje v jemných válech. Z válu přechází do šnekového lisu, na jehož konci je forma, která za normální teploty vytváří tvar cihly. Z lisů vychází dlouhý pás, který je pomocí drátkového řezáku rozdělován na kusy požadované velikosti. Jedna z posledních fází je sušení výrobků, kdy se syrové cihly skládají na palety a následně na vozících projíždějí sušárnou. Na závěr se cihly po vysušení dávají na pecní vozíky, které putují dále do pece, a pak nastává samotný výpal za vysokých teplot, které závisí na jednotlivých druzích pecí.

Úprava surovin se provádí jak za sucha, tak častěji za mokra. Za mokra je nejúčinnější u takových zemin, které jsou znečištěny hrubšími součástmi, jako je křemen, sádrovec, či jiné škodliviny. Principem je namočení suroviny v přebytku vody za vzniku kalu, z něhož se usazováním nebo na síti odstraní hrubší zrna příměsí. Při úpravě za sucha se jedná o drcení, mletí a třídění

drtíci válcí, sušícími mlýny, hrotovými mlýny a síty, a to rovněž za účelem získání stejnorodosti výrobní směsi.

Vytváření je proces, kdy je snaha převést ručně nebo strojně vlastnosti výrobní směsi do předepsaného tvaru. Podle obsahu vody (konzistence) se rozlišují tři vytvářecí způsoby:

- vytváření z plastického těsta - tažení na šnekových listech, lisování na hrnčířském kruhu. Obsah rozdělovací vody je okolo 25%
- vytváření za zvlhlé směsi (tzv. drolenka) - suchý způsob, vytváření probíhá lisováním. Obsah vody se pohybuje od 8 - 12%
- vytváření z břěčky - lití do tlustostěnných vysušených sádrových forem, tzn. při přebytku vody, která se pohybuje okolo 40%
- Sušení probíhá ve speciálních sušárnách, kde lze teplotu a vlhkost vzduchu programově regulovat. Konečný obsah vody po sušení výrobků má být pod 2%.

Výpal je zpravidla poslední a velmi důležitou technologickou etapou, při níž výrobek získává své charakteristické vlastnosti jako je stálost tvaru, pevnost, vzhled, barvu, tepelně technické vlastnosti, odolnost proti působení povětrnosti, agresivním látkám apod. a to při teplotě 900 až 1400 °C. Při výpalu jde o přeměnu ze syrového střepe o malé pevnosti ve vypálený střepe mnohonásobně větší pevnosti. Tato změna pevnosti je způsobená slinováním. V žáru dochází k chemickým reakcím v tuhé fázi za částečného vzniku taveniny, která ztuhne a vytvoří ve střepe spojovací skelnou fázi. Obecně je slinování definováno jako zpevňování práškové nebo pórové látky vzájemným spojováním zrn za účinku teploty, aniž by se látka tavila.

Pece k pálení keramických výrobků se dělí:

- a) periodické - s přetržitým provozem, k nimž náleží pece komorové, muflové, vozokomorové a poklopové
- b) kontinuální - s nepřetržitým provozem, náleží k nim pece tunelové, rotační, šachtové, či nejstarší kruhové. v kruhových pecích se pohybuje plamen a výrobek stojí na místě, naopak v tunelových pecích je plamen stále na jednom místě a výrobky se pohybují na speciálních vozících. [14]

2.2.3. Rozdělení cihlářských výrobků dle použití

Cihlářskou výrobu nazýváme takovou část hrubé keramické výroby, při níž formováním přírodních méně hodnotných surovin, hlín a jílu, do požadovaných tvarů a vypálením při teplotách 900 až 1 100 °C vznikají výrobky, které se vyznačují pórovitým a barevným, nejčastěji červeným, střepelem. Tyto suroviny však nesmí obsahovat rozpustné soli, jelikož ty tvoří na cihlářských výrobcích tzv. výkvěty. Nejčastěji se jedná o sírany, které způsobují výkvěty bílé barvy, ale například sloučeniny chromu a vanadu se vyznačují výkvěty žlutými až zelenými.

Cihlářské výrobky se třídí podle použití:

- výrobky pro svislé konstrukce
- výrobky pro vodorovné konstrukce
- výrobky pro pálenou krytinu
- výrobky pro zvláštní účely

Do první skupiny patří různé cihly a tvarovky pro zdění i pro keramickou prefabrikaci. Jedná se o cihlu plnou (CP), která má následující charakteristiky:

Tab.3 Charakteristiky cihly plné pálené

rozměr [mm]	290x140x65	250x120x65
hmotnost [kg]	4,2 - 5,0	3,1 - 3,7
objemová hmotnost [kg/m ³]	1 900	

Podle pevnosti v tlaku se výrobky dělí na P6, P7, P8, P10, P15, P20 a P25, což je minimální průměrná pevnost nejméně tří kusů vzorků.

Modifikací CP je cihla lícovaná plná nebo děrovaná. Je vhodná pro neomítané zdivo stejných rozměrů a podobných vlastností jako CP. Musí mít přesné rozměry, pěkný vzhled a stejnoměrné zabarvení. Dále musí být mrazuvzdorná a musí vyhovovat zkoušce na výkvěty.

Děrované cihly se vyrábějí v různých druzích, jejichž rozměr odpovídá násobku normálního formátu cihel. Do této skupiny se zahrnují příčně děrované cihly, tvarovky a kvádry. Mají poměrně malou objemovou hmotnost a to v rozmezí od 900 do 1450 kg/m³.

Mezi další výrobky pro svislé konstrukce jsou zahrnuty stájové dlaždice, půdovky, tažené cihelné obkládačky, cihelné obkládačky lité, keramické obkládačky a keramické dlaždice. Jednotlivé druhy se využívají dle uvážení vhodnosti do dané konstrukce.

Jako prvky pro vodorovné konstrukce se používají různé keramické tvarovky, ze kterých jsou montovány vodorovné, nejčastěji stropní nebo střešní konstrukce. Společným znakem těchto

výrobků je velmi malá hmotnost, která je zapříčiněna vytvořením velkých dutin ve tvarovce. Tyto výrobky slouží jak pro monolitické stropní konstrukce, tak pro montované konstrukce s použitím vložek, či pro stropní keramické dílce vyztužené a předpínané.

Mezi tuto sortu výrobků se řadí stropní vložky SIMPLEX - REKORD používané jako výplň železobetonových žebírkových stropů, zhotovované na stavbě. Stropní desky HURDIS, které se vyrábějí s kolmými, nebo šikmými čely, k nimž pak náleží ještě patky. Tyto desky slouží k montování stropní konstrukce za použití kovových nebo keramických nosníků. Velmi významným prvkem jsou stropní vložky MIAKO, které slouží pro stropy montované na stavbě. V neposlední řadě do této skupiny patří také stropní vložky ARMO. Tyto tvarovky se používají buď jako výplňové vložky pro monolitické, žebrové, železobetonové stropy nebo jako výplň prefabrikovaných stropních dílců.

Pálená krytina se používá k pokrývání střech s dřevěnou konstrukcí krovu. Je žádoucí pro sklony střešních plášťů nad 35° a pro nadmořskou výšku staveb do 400 m. Pálenou krytinou se rozumí různé druhy tašek, které se vyrábějí buď tažením na šnekových lisech - tažená krytina, či přelísáváním pláštíků na revolverových lisech - ražená krytina. Velkou výhodou taškových střech je jejich rychlá montáž a velmi snadná opravitelnost. Musí však být brán zřetel na provedení pokrývání a také by se mělo zamezovat pronikání prachu, sazí sněhu a vody.

Z původního širokého sortimentu pálené keramické krytiny se dnes výroba soustředila na určité druhy, jako jsou například tašky obyčejné - bobrovky, tašky drážkové tažené nebo ražené, tašky ražené francouzské, tašky ražené Holland, tašky ražené prejzové a hřebenáče. Vhodný prvek je vybírán na základě vhodnosti použití pro různé sklony střech, nadmořské výšky a únosnosti.

Poslední skupina keramických výrobků je určena pro speciální použití, jako například kanalizační cihly, komínové cihly, plotovky, studnovky a trativodky. [14]

2.3. Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci

Zkouškou je možné ověřovat funkční způsobilost konstrukce nebo dosažené výsledky teoretické analýzy se skutečným působením konstrukce. V této kapitole se jedná o provedení podrobné metodiky diagnostiky historických zděných konstrukcí.

2.3.1. Zatěžovací zkoušky konstrukcí

Účelem zatěžovacích zkoušek je získat podklady pro ověření spolehlivosti existující konstrukce v těchto případech:

- pokud použitý návrhový model únosnosti není dostatečně výstižný (např. pro únosnost v oblastech, kde neplatí předpoklad rovinnosti průřezů);
- pokud jsou oprávněné pochybnosti o dodržení požadavků na provádění konstrukce;
- pokud nelze dostatečně spolehlivě stanovit vstupní hodnoty do návrhového modelu odolnosti, tj. návrhové hodnoty materiálů a zatížení;
- po jejím zesílení nebo opravě (zejména u mostních konstrukcí).

2.3.2. Omezení zatěžovacích zkoušek konstrukcí

Zatěžovací zkoušky konstrukcí, které jsou z křehkých materiálů, je možno provádět pouze za předpokladu, že jejich vyhodnocení bude provedeno s ohledem na vlastnosti křehkého materiálu včetně možného časově závislého chování a rozvoje trhlin. Při zkoušce se musí dodržet všechna bezpečnostní opatření, tak aby nedošlo při zkoušce k ohrožení osob a nepřiměřeným škodám. Jedná se např. o konstrukce z litiny, skla, keramiky a prostého betonu. Při zkoušení je třeba věnovat pozornost tlačným prvkům, prvkům namáhaným na protlačení, apod.

2.3.3. Druhy zatěžovacích zkoušek

Podle porušení konstrukce při zkoušce se rozlišují:

- zatěžovací zkoušky prováděné do porušení konstrukce;
- zatěžovací zkoušky prováděné tak, že nedojde k porušení konstrukce - na spolehlivost konstrukce se usuzuje nepřímo na základě měřených veličin, zejména velikosti deformací během zkoušky a trvalých deformací po zkoušce.

Podle účinků zkušebního zatížení se rozlišují zatěžovací zkoušky statické a dynamické.

2.3.4. Provádění zatěžovací zkoušky

Při provádění zatěžovací zkoušky je třeba splnit následující požadavky:

- zatěžovací zkouška musí být provedena tak, aby byly pokud možno omezeny vlivy, které by mohly ovlivnit nebo zkreslit výsledek zatěžovací zkoušky. Pokud nelze tyto vlivy vyloučit, musí se po dobu zkoušky sledovat a přihlídnout k nim při vyhodnocení zatěžovací zkoušky;
- při zkouškách ve zkušebně je nutné zabezpečit takové podmínky, které se co nejvíce přibližují podmínkám, při kterých konstrukce působí v provozu;
- při zkouškách konstrukce na stavbě je nutné stanovit míru spolupůsobení ostatních nosných částí konstrukce a pokud možno zamezit spolupůsobení nenosných částí stavby. Při zatěžovací zkoušce se postupně zvyšuje zatížení a měří se účinky zatížení na konstrukci; měření musí být provedeno v takovém rozsahu a s takovou přesností, aby byly získány potřebné informace o konstrukci;
- měřicí přístroje, metody a postupy zkoušení se při zatěžovací zkoušce musí zvolit tak, aby odpovídaly požadované přesnosti měření;
- zatížení při zatěžovací zkoušce konstrukce je třeba realizovat tak, aby odchylka skutečného zatížení od požadované hodnoty nebyla větší než 3 % při zkoušce ve zkušebně a 5 % při zkoušce na stavbě.

2.3.5. Možnosti stanovení pevnosti cihelného zdiva

Ke stanovení pevnosti v tlaku cihelného zdiva je možné přistoupit dvěma různými způsoby:

- a) zkoušet zdivo jako celek, tedy kompozit složený ze zdících prvků malty
- b) vyzkoušet zvlášť zdící prvky a maltu, provést výpočet pevnosti a následně zhodnotit kvalitu vazby, míru vyplnění spár maltou, zvýšenou vlhkost a přítomnost poruch (trhlin)

Hodnocení zdiva jako celku v praxi naráží na řadu problémů - nejsme schopni stanovit zatěžovací schéma ani kritéria pro vyhodnocení zkoušek. Používání metody plochých lisů či zkoušení vyřezaných pilířů jsou příliš pracná a neprůkazná. Z toho důvodu se používá spíše postup b), kdy zvlášť určíme pevnost v tlaku zdících prvků a malty, vypočteme charakteristickou pevnost v tlaku zdiva f_k . V dalším kroku provedeme výpočet návrhové pevnosti tlaku zdiva f_d se zohledněním faktorů, které snižují pevnost zdiva.

2.3.6. Pevnost v tlaku zdících prvků

Pevnost v tlaku zdících prvků je možné stanovit několika způsoby:

- 1) Přímo zkouškami na tělesech odebraných z konstrukce
 - a) Zkouškou pevnosti v tlaku celých zdících prvků. Je nutné odebrat dostatečný (značný) počet zdících prvků z různých částí konstrukce - prakticky těžko proveditelné.
 - b) Zkouškou na reprezentativních částech zdících prvků. To je vhodné u plných cihel - tělesa lze vyrobit řezáním z částí cihel získaných odseknutím nebo jádrovým vrtáním.
- 2) Nepřímo, nedestruktivními nebo semidestruktivními zkouškami přímo na zabudovaných prvcích v konstrukci
 - a) Tvrdoměrnými zkouškami pomocí tvrdoměru Schmidt LB. Většinou nutné upřesnění na celých zdících prvcích nebo reprezentativních částech z vrtů (stačí menší počet těles)
 - b) Jinou vhodnou metodou (musí mít vztah k pevnosti zdících prvků)

Odběr celých zdících prvků je značně problematický. Proto se využívá zejména nedestruktivní metoda tvrdoměru Schmidt LB s upřesněním na několika celých prvcích nebo tělesech z jádrových vývrtů.

Kromě upřesnění nedestruktivních zkoušek mají jádrové vývrty značný význam pro ověření skladby masivních zdí v celé jejich tloušťce.

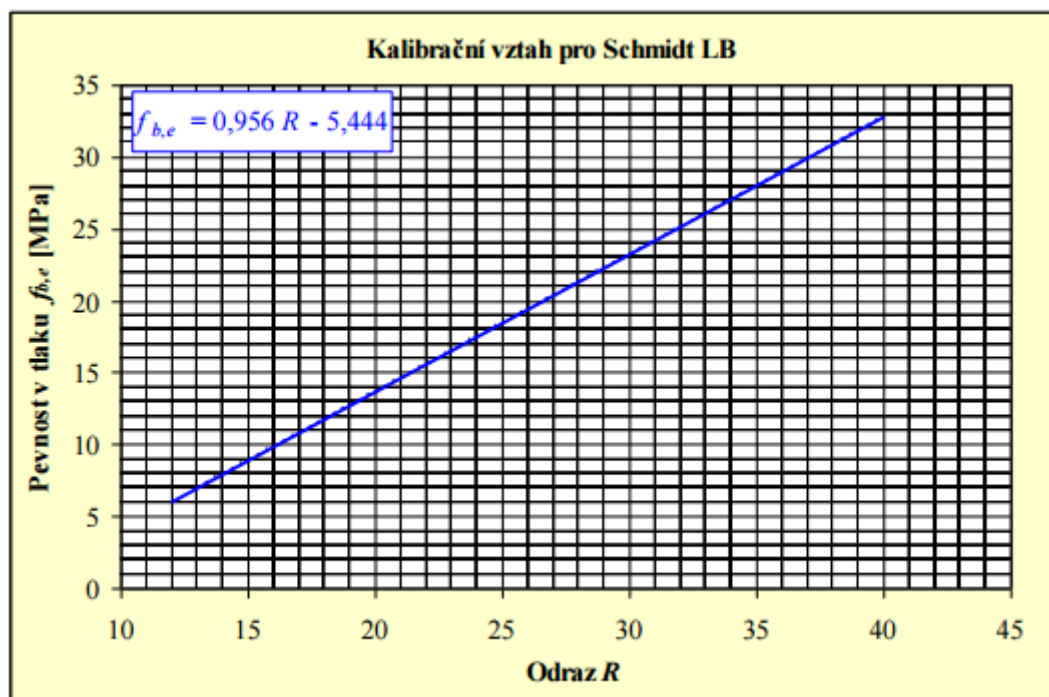
Pevnost v tlaku zjištěná nedestruktivně - Schmidt LB

Tvrdoměrné metody zkoušení cihel jsou modifikací metod používaných pro beton, podle ČSN 73 1373 a ČSN 73 2011. Z odrazových tvrdoměrů byl pro účely zkoušení cihelných zdících prvků vyvinut typ Schmidt LB (*Obr. 13*). Zásadním rozdílem proti tvrdoměru Schmidt L na beton je pouze výrazně menší poloměr kulové plochy razníku - razník je zakulacený.



Obr.13 Schmidtovo kladívko typu LB [25]

V normách jsou uvedeny pouze kalibrační vztahy pro beton, proto bylo pro nové i staré cihly vytvořeno na různých pracovištích několik různých kalibračních vztahů. Pro ukázkou je zde použit směrný kalibrační vztah pro staré cihly v širším okolí Brna, vytvořený SZK FAST VUT v Brně - viz. Obr. 14.



Obr.14 Směrný kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku celých plných pálených cihel na jižní Moravě z hodnot odrazu měřené tvrdoměrem Schmidt LB. [29]

Metodika provádění a vyhodnocování zkoušek pevnosti v tlaku cihel tvrdoměrem Schmidt LB je prakticky shodná s metodikou pro Schmidt L na beton (s výjimkou kalibračního vztahu, který je odlišný). Na obroušeném povrchu cihly se provede minimálně 7, optimálně však 10 měření odrazu. Každé hodnotě odrazu se přiřadí hodnota pevnosti tlaku a ta se nesmí lišit od aritmetického průměru pevnosti v tlaku na témže zkušebním místě více než o $\pm 20\%$. Z hodnot pevností, které vybočují (musí jich zůstat alespoň 7) se vypočítá nový aritmetický průměr pevnosti v tlaku.

Poznámka: Jelikož se vztah mezi pevností v tlaku a tvrdostí cihel může lišit dle lokality a také podle vlastností povrchu zdiva, je nutné obecný kalibrační vztah mezi tvrdostí a pevností v tlaku vždy upřesnit součinitelem upřesnění α . K upřesnění vztahu nám slouží celé zdící prvky vyjmuté z konstrukce nebo reprezentativní části zdících prvků.

Pevnost v tlaku na vzorcích odebraných z konstrukce

Pevnost v tlaku zdících prvků se určuje podle ČSN EN 772-1 jako průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu vzorků celých zdících prvků. Minimální počet vzorků je šest, ale tento počet je v případě diagnostiky zděných konstrukcí třeba upravit dle velikosti konstrukce. Norma připouští rovněž zkoušet reprezentativní části zdících prvků. Tato reprezentativní tělesa (např. krychle) se mají vyřezat z různých míst prvku (myšleno na okraji, uvnitř). V tom případě se počet zkušebních těles logicky zvyšuje.

Všechny pevnosti v tlaku zdících prvků byly přepočítány na pevnost v tlaku celých zdících prvků a na normalizovanou pevnost v tlaku zdících prvků f_b .

Pevnost v tlaku zkušebních těles $f_{b,i}$ v MPa se vypočítá dle vztahu

$$f_{b,i} = \frac{F}{A}$$

F zatížení při porušení vzorku [N]

A tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů vzorku [mm²]

Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků f_b v MPa se vypočítá dle vztahu

$$f_b = f_{b,i} \delta$$

δ součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků

Tab.4 Součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků δ

Výška zdícího prvku po úpravě povrchu (mm)	Šířka - nejmenší vodorovný rozměr zdícího prvku (mm)				
	50	100	150	200	≥ 250
40	0,80	0,70	-	-	-
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥ 250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15
Poznámka: Lineární interpolace je povolena					

Poznámka: Přepočet pomocí součinitele δ se použije i v případě stanovení pevnosti v tlaku zdících prvků nedestruktivním způsobem tvrdoměrem Schmidt LB, neboť kalibrační vztahy byly vytvořeny pro celé plné pálené cihly.

2.3.7. Stanovení pevnosti v tlaku malty

Pro stanovení pevnosti, resp. jejího odhadu v tlaku malty ve spárách lze užít několika metod. V praxi se ovšem setkáváme s metodou upravené vrtačky, která je používána nejčastěji.

Ruční upravená vrtačka pro zjištění pevnosti malty ve spárách

Metod pro stanovení či spíše odhad pevnosti v tlaku malty ve spárách zdiva je několik, v praxi je však nejrozšířenější metoda upravené vrtačky. Ta byla vyvinuta v pražském Technickém a zkušebním ústavu stavebním, ovšem mezi odbornou veřejností je známa podle tvůrce jako "Kučerova vrtačka". Metoda je založena na vzájemném statisticky významném vztahu mezi pevností malty ve spárách a odporem malty proti vnikání vrtáku při příklepovém vrtání touto vrtačkou s danými parametry. Proti běžné ruční vrtačce je zde navíc příklep, počítadlo otáček a tlačná pružina v opěrce o předepsané tuhosti, pomocí níž je zajištěn předepsaný přitlak. Mírou odporu malty je pak hloubka vrtu vrtákem do zdiva o průměru 8 mm.



Obr.15 Kučerova ruční vrtačka [25]

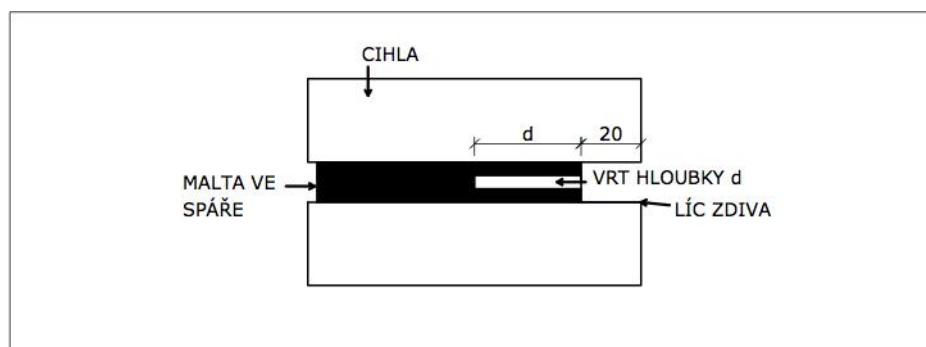
Zkušební postup pro upravenou ruční vrtačku

Zkušební místo volené na tlačných prvcích (sevření spáry) se stanoví takto:

Pokud je zdivo omítnuto, odstraní se omítka na ploše cca 200 x 150 mm tak, že ložné spáry jsou přibližně v podélné ose upravené plochy. Při zkoušce se malta v jedné ložné spáře vyseká, resp. vyškrábe vhodným nástrojem přibližně 20 mm za líc zdiva z důvodu odstranění omítky a zkarbonatované vrstvy - viz *Obr. 16*.

Při zkoušce malty se v upravené ložné spáře provedou tři vrty ve vzájemných vzdálenostech cca 40 mm a minimálně 50 mm od případné hrany zdiva.

Při použití obecných kalibračních vztahů se vrty provedou při nastavení stupnice na 25 otáček. V případě použití specifických kalibračních vztahů se nastavení provede na stupeň, který byl použit při kalibraci pro daný materiál.



Obr.16 Umístění vrtu ve spáře zdiva (řez zdivem) [30]

Hloubka vrtu se změří hloubkoměrem. Jako platné měření se uvažuje hloubka vrtu d , která se neliší od průměrné hloubky d_m ze všech tří vrtů o více než 30 %.

Pokud kritériu nevyhovují dva z vrtů, zkušební místo se neuvažuje. Pokud kritériu nevyhovuje jeden vrt, vyloučí se tento vrt z měření a nahradí se novým vrtem. V případě, že ani nahrazením jednoho vývrtu není splněno kritérium, zkušební místo se neuvažuje.

Vyhodnocení zkoušky

Kalibrační vztah pro ruční vrtačku je uveden v *Tab.5*

Ze tří platných měření na jednom zkušebním místě se vypočte aritmetický průměr hloubky vrtů d_m se zaokrouhlením na 1 mm.

Informativní hodnota pevnosti malty $f_{m,e}$ se stanoví v závislosti na zjištěné průměrné hloubce vrtu d_m z obecného kalibračního vztahu.

Pevnost získaná zkouškou jednoho zkušebního místa se považuje za ekvivalentní hodnotě pevnosti malty získané zkoušením jednoho zkušebního tělesa. Z výsledků všech zkoušek na konstrukci se určí výběrový průměr pevnosti malty f_m .

Tab.5 Kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku malty pomocí upravené ruční vrtačky TZUS

Hloubka vrtu d [mm]	Pevnost v tlaku f_m [MPa]	Hloubka vrtu d [mm]	Pevnost v tlaku f_m [MPa]	Hloubka vrtu d [mm]	Pevnost v tlaku f_m [MPa]	Hloubka vrtu d [mm]	Pevnost v tlaku f_m [MPa]
3	14,6	11	3,7	19	2	28	1,4
4	10,8	12	3,3	20	1,8	29	1,3
5	8,5	13	3,1	21	1,8	30	1,3
6	7	14	2,8	22	1,7	35	1,1
7	5,9	15	2,6	23	1,7	40	0,9
8	5,1	16	2,5	24	1,6	45	0,8
9	4,5	17	2,3	25	1,5	50	0,7
10	4,1	18	2,2	26	1,5	55	0,6
				27	1,4	60	0,4

2.4. Hodnocení existujících zděných konstrukcí

Zděnou konstrukci se rozumí stavební konstrukce, vyzděná ze zdících prvků na maltu pro zdění.

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku f_k se určí z pevností zdících prvků a obyčejné malty pro zdění a malty s pórovitým kamenivem podle vztahu

$$f_k = K f_b^\alpha f_m^\beta$$

kde f_k je charakteristická pevnost zdiva v tlaku v N/mm^2 pro zdivo s vyplněnými ložnými spárami;

K je konstanta závislá na druhu zdiva a skupině zdících prvků; pro nejčastější uspořádání zdících prvků z plných cihel klasického formátu průměrné pevnosti a obyčejné malty a při střídání běhounů a vazáků ve vazbě zdiva se uvažuje konstanta $K = 0,44$.

f_b je normalizovaná průměrná pevnost v tlaku zdících prvků v N/mm^2 ;

f_m je průměrná pevnost malty v tlaku v N/mm^2 ; pokud je pevnost malty velmi nízká, neměla by se uvažovat nižší než $0,1 \text{ N/mm}^2$;

α je exponent závislý na tloušťce ložných spár a druhu malty, $\alpha = 0,7$ pro nevyztužené zdivo s obyčejnou nebo lehkou maltou, $\alpha = 0,7$, resp. $0,85$ pro nevyztužené zdivo s maltou pro tenké spáry;

β je exponent závislý na druhu malty, $\beta = 0,3$ pro obyčejnou maltu a pro lehkou maltu.

Návrhová pevnost zdiva v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva byla vypočtena podle vlastností zdících prvků a vlastností použité malty. Při hodnocení zdiva je však zapotřebí zohlednit další vlastnosti mající vliv na únosnost celé konstrukce. Mezi tyto vlastnosti patří zejména:

- pravidelnost vazby zdiva
- vyplnění spár maltou
- zvýšená vlhkost zdiva
- svislé a šikmé trhliny ve zdivu.

Návrhová pevnost zdiva v tlaku f_d se podle ČSN 73 0038 vypočítá jako podíl charakteristické pevnosti v tlaku f_k a dílčího součinitele zdiva γ_m , který se určí ze vztahu:

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \times \gamma_{m2} \times \gamma_{m3} \times \gamma_{m4}$$

γ_{m1} je základní hodnota dílčího součinitele spolehlivosti, která se pro zdivo z plných cihel uložených na obyčejnou maltu rovná 2,0;

γ_{m2} je součinitel vlivu pravidelnosti vazby a vyplnění spár maltou: $0,85 \leq \gamma_{m2} \leq 1,2$; dolní mez intervalu platí pro dokonalou vazbu a bezvadné vyplnění spár;

γ_{m3} je součinitel vlivu zvýšené vlhkosti, pro vlhkost zdiva v intervalu od 4 do 20 % se určí interpolací mezi hodnotami $1,0 \leq \gamma_{m3} \leq 1,25$;

γ_{m4} je součinitel zahrnující vliv svislých a šikmých trhlin ve zdivu v intervalu $1,0 \leq \gamma_{m4} \leq 1,4$, (dolní mez platí pro zdivo bez trhlin).

Zesilování

- Při zesilování části zděné konstrukce připojením zděných částí nebo částí z jiných materiálů je nutno zajistit účinné spolupůsobení existující (původní) a zesilující části s přihlédnutím k případným rozdílům mezi objemovými změnami materiálů existující a připojované části. Analýza těchto rozdílů pro jednotlivé mezní stavy musí zohlednit skutečnou napjatost a rozdílné chování jednotlivých konstrukčních materiálů.
- Při výpočtu zděných prvků zesilovaných předpětím volnými vložkami se účinek předpětí vyšetřuje jako účinek vnějšího stálého zatížení a vlastnosti zdiva ve směru působení předpětí se určí s přihlédnutím k orientaci zdících prvků, dodržení pravidel náležité vazby těchto prvků, vyplnění spár maltou apod. [15,16,17]

3. Praktická část

Provedení předběžného průzkumu reálné zděné konstrukce zahrnovala vizuální prohlídku, při které byly odebrány vzorky, na nichž se provedly laboratorní zkoušky. Poté následovalo zdokumentování poruch konstrukce, a to včetně verbálního zhodnocení stavu objektu, na kterém se současně se skupinou vyučujících a studentů podíleli také brněnští archeologové. Následně se celý objekt zaměřil pro vytvoření půdorysu stavby, který bude užitečný při vytváření pasportu poruch.

3.1. Informace o objektu

Průzkum objektu se prováděl v obci Veverské Knínice, která leží zhruba 20 km západně od města Brna. Jedná se konkrétně o faru, o které byla zmínka již v roce 1259 v souvislosti s kostelem sv. Mikuláše v téže obci. Současná podoba fary zcela jistě nekoresponduje s podobou ve 13. století. Dle archeologů mohl být základ současného objektu položen buď koncem 17. či začátkem 18. století, přístavba sýpky koncem 18. či začátkem 19. století a přístavek je z průběhu 19. století. To znamená, že původní fara byla pravděpodobně zdemolována, nebo ležela na jiném místě.

Již v Moravské vlastivědě z roku 1904 je zmínka o této obci, tehdy se však hovořilo o Německých Kněnicích. Osadu farní vsi tvořily dvě řady domů těsně vedle sebe a průčelí proti sobě stojící, mezi nimiž byla široká ulice, která od východu k západu stoupá k horní, nepravidelné části vesnice. Ostatní domy byly vystavěny, jak dovozovaly plošné poměry. Domy zámožnějších obyvatel jsou z vypálených, chudších z nepálených cihel nebo z kamene.

Hospodářskou správou patřily Kněnice klášteru Porta Coeli. Tam byly odváděny poplatky, desátky a jiné povinnosti. Když markrabě Jan vzal pod svou zvláštní ochranu tišnovský klášter se všemi jeho obcemi a majetkem, nařídil purkrabímu na hradě Veveří, aby nad nimi vykonával ochranné právo. Obce musely vykonávat povinnosti k zeměpanskému hradu Veveří, které zahrnovaly roční poplatky, desátky a jiné. Zdejší farní patronát a desátky, které se zde shromažďovaly, patřily Tišnovskému klášteru, jenž obsazoval faru kněžími. Od roku 1660 do roku 1711 se faráři odstěhovali do Svatoslavi. Až roku 1711 se farář František Velecký vrátil, jelikož Svatoslavskou faru nechtěli farníci opravit. Celý majetek dřívějšího kláštera a s ním i Německé Kněnice koupil roku 1799 od náboženského fondu svobodný pán Vilém Mundy. Později k tomu přikoupil Veverské panství. Jeho syn Jan o něco později připojil některé bývalé klášterní vesnice, mezi nimi například i Německé Kněnice, v poddanských a politických záležitostech k hradu Veveří. Od té doby měly Kněnice stejné držitele jako hrad Veveří. Majitelé hradu Veveří a celého panství

se v následujících staletích rychle střídali. Poslední šlechtický majitel hradu Arnold De Forest - Bischofsheim jej roku 1925 prodal Československému státu.

Název obce Veverské Knínice je platný a užívaný až od roku 1947.

Dle knínické kroniky zde jako poslední veverskoknínický farář působil P. Ladislav Vybíral (1947 - 1950). Poté farnost spravovali ve funkci administrátorů excurrento faráři ze sousedních Ostrovačic.

V současnosti spadá fara pod správu obecního úřadu. Jedna část obce by měla zájem o otevření umělecké galerie, druhá část by stavbu ráda prodala. Proto si vyžádali diagnostický průzkum, aby zjistili, co se dá ze statického hlediska s touto stavbou dělat.



Obr.17 Pohled na průčelí objektu [25]

Z důvodu velkého rozsahu této stavby byla budova rozdělena na dvě bakalářské práce. První část je brána jako hlavní a také původní stavba. Tato práce se věnuje části druhé, a to konkrétně později přistavěným budovám – sýpce a přístavbě.



Obr.18 Pohled na přístavek [25]



Obr.19 Pohled na hospodářskou část [25]

Celá stavba je zděná a to buď z nepálených, nebo pálených cihel. Pálené cihly jsou použity tam, kde bylo uvažováno velké statické zatížení, oproti nepáleným, které se vyskytují hlavně na půdě sýpky. Mnohdy se jedná o tzv. vepřovice, což jsou sušené cihly s příměsí pilin, nebo slámy, které slouží ke zlepšení izolačních vlastností. Cihly byly ve většině případů provázány klasickou maltou, někde se ale nachází pouze jílová malta, která způsobuje nedostatečné spojení zdících prvků.



Obr.20 Vepřovice vyskytující se na půdě sýpky [25]

V prvním nadzemním podlaží je vidět původní klenbový strop, který je doplněn dodatečnými klenbami, pravděpodobně pro lepší tuhost konstrukce. Ve druhém nadzemním podlaží jsou pak použity klasické vodorovné stropy.

Celkové zastřešení je tvořeno atypickým krovem, který je tvořen normálním krovem a později přidanými dalšími částmi v době, kdy se rozšiřoval prostor před vchodem do budovy. Na nově přidaných částech krovu, jak lze vidět na *Obr.21*, byl nevhodně vyřešen spoj, a proto neplní požadovanou nosnou funkci konstrukce. Rovněž je vidět, že skrz střechu zatéká. Celkový stav střechy není dobrý, také latě, nesoucí střešní krytinu, jsou velmi prohnuté a může dojít k úplné destrukci střechy. [18,19,20]



Obr.21 Atypický krov na půdě [25]

3.2. Zaměření objektu

Stavba byla zaměřena pomocí laserového dálkoměru značky HILTI, typ PD 30. Jedná se o lehký a přenosný, extrémně odolný stroj kapesní velikosti. Slouží k určování ploch, objemů a vzdálenosti pouhým stiskem jednoho tlačítka. Lze jej opakovaně nabíjet ze sítě, ale také z automobilu. Je vhodný pro venkovní i vnitřní měření na vzdálenosti od 5 cm do 200 m s přesností na $\pm 1,5$ mm. Je vybaven vodováhou, která zajišťuje správné vyrovnaní stroje pomocí libely. Přístroj vysílá viditelný laserový paprsek, jehož vlny se odrážejí od objektu a přijímá s posunutou fází. Tento princip měření umožňuje velmi přesné a spolehlivé měření vzdáleností bez speciálního reflektoru. Vzdálenost se měří tedy pomocí vysílaného laserového paprsku, který dopadá na reflektující plochu. Červený bod laserového paprsku označuje jednoznačně cílový předmět, jehož vzdálenost je měřena a je vypsána na displeji přístroje. Velkou výhodou je snadné ovládání a vytyčování vzdáleností pouze jedinou osobou bez nutné přítomnosti u cíle zaměřování. [21]



Obr.22 Laserový dálkoměr HILTI, PD 30 [25]

Z naměřených hodnot byl poté vykreslen půdorys objektu, do kterého se následně zakreslovaly poruchy vyskytující se na konstrukci.

3.3. Pasport poruch

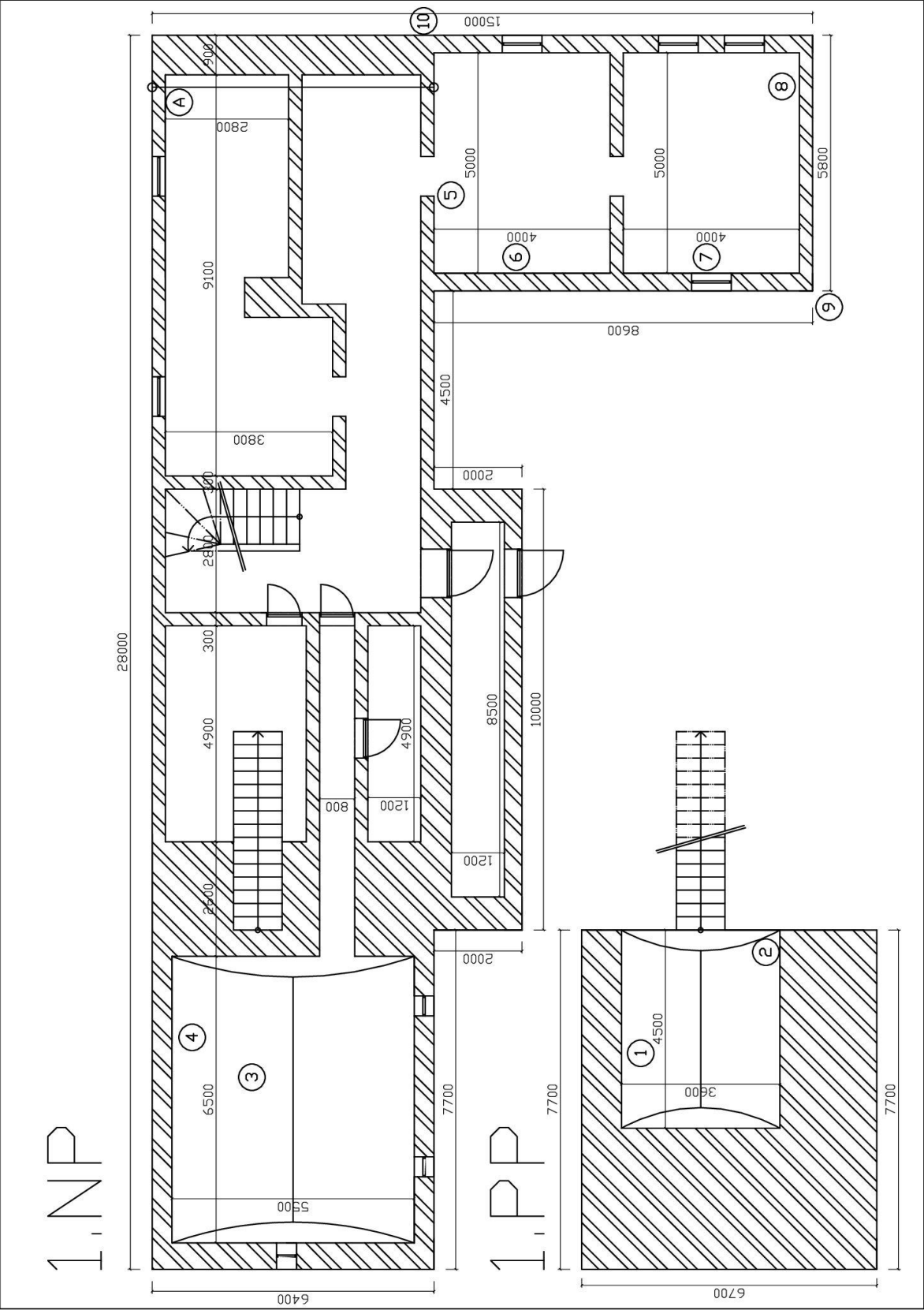
Po vytvoření půdorysu byla celá stavba a její poruchy zdokumentovány a zakresleny. V obvodové zdi byla zabudována táhla, zajišťující stabilitu zdiva a přístavku s hlavní budovou. Mimo tyto prvky zajišťující ztužení byly také nalezeny ve vnějších rozích přistavěného rizalitu svislé výztuhy. Následující pasport tedy vyobrazuje trhliny a poruchy v nově přistavěných částech a to konkrétně v řešených budovách této práce, v přístavbě a sýpce. Každá porucha je očíslována a poté doložena reálnou fotografií pořízenou právě při průzkumu objektu. Součástí pasportu je také zakreslení ztužujících prvků, které jsou označeny písmeny A, B, C, D.

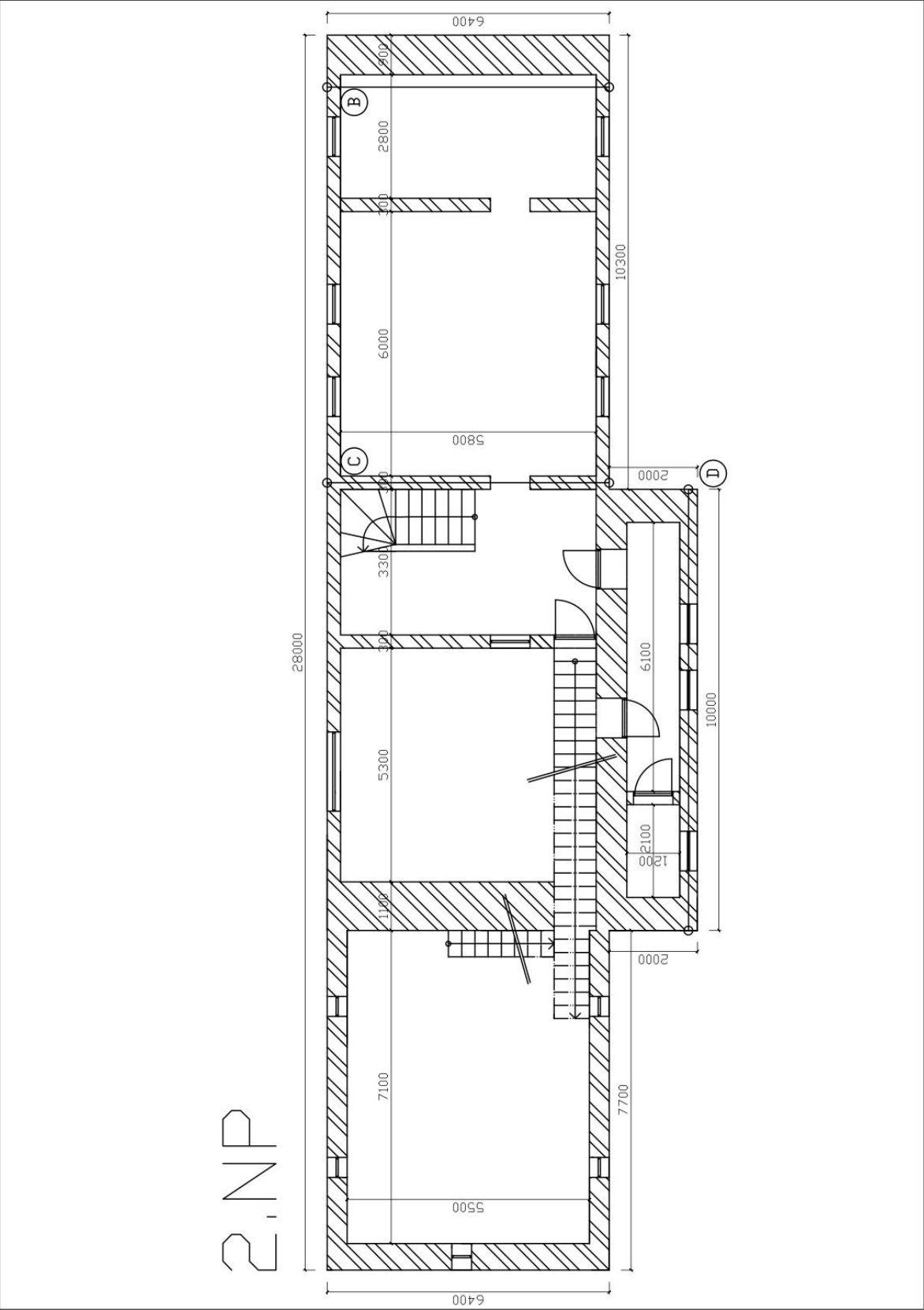


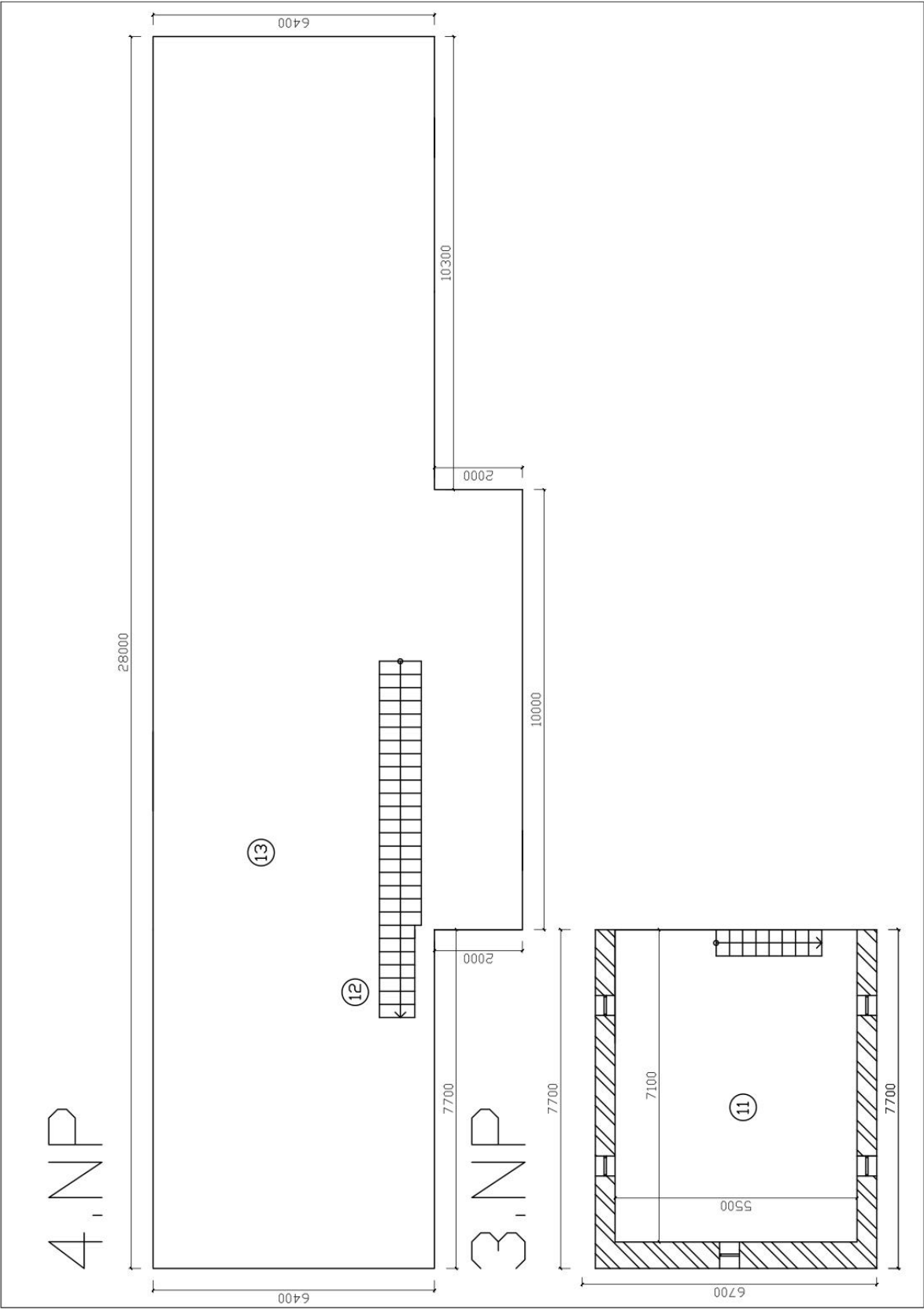
Obr.23 Táhlo A v přístavku zevnitř [25]



Obr.24 Táhlo A v přístavku z venku [25]







1. První obrázek zobrazuje sklep, který je umístěn pod sýpkou. Jak je na obrázku vidět, boční stěna je namáhána bočním tlakem od kořenového systému stromů a keřů nacházejících se v blízkosti stavby.



2. Tento problém se rovněž nachází v tomtéž sklepe. Trhlina je způsobena velkou vlhkostí a pravděpodobně také zatékající vodou mezi dvě na sebe kolmé stěny tvořící roh místnosti. Na obrázku lze také vidět, jak je mezi stěnami nadrolená hlína, což by mohly být drolící se cihly z vnější strany.



3. Následující prostor je nad sklepem v prvním nadzemním podlaží v části sýpky. Jak je z fotografie vidět, podlaha je prolomená do obou stran dolů, což by mohlo být způsobeno pozdější výstavbou sklepu. Stěny jsou umístěny na terén a celá stavba poté sedla, zatímco sklep nepoklesl a tak prolomil podlahu. To by také mohl být důvod vzniku trhliny v bodě 4.



4.



5. Následující bod se již nachází v přístavku, kde je možné vidět značnou deformaci zádveří, která by ale mohla být způsobena nesprávným zasazením zádveří už v době výstavby této budovy, nebo nesprávným zacházením. Nevypadá to na poškození od dřevokazné houby dřevomorky ani jiných parazitů.



6. Ve stejné místnosti byl přidělán pohled ze sádrokartonu, který ale kopíruje průhyb stropu, což může způsobovat odchlípnutí této desky. Pohled nemá žádný význam při zpevnění již prohnutého stropu.



7. Tato trhlina ve stropě je následkem nefunkční poškozené krytiny ve střeše, skrz kterou zatéká, a voda prosakující přes podlahu půdy prosakuje až do spodního pokoje.



8. Následující trhlina, široká 5 mm, je z největší pravděpodobnosti způsobena celkovým odtrháváním přístavby od hlavní budovy, kdy celá část klesá po směru tvorby trhliny. Odtrhávání je způsobené jednak nesprávným připojením přístavku a jednak špatným odvodnění celé stavby.



9. Zde je vidět pohled na svod dešťové vody, který je zaústěn nad terén, což způsobuje sedání základové půdy a postupné strhávání celého přístavku.



10. Na další fotografii je vidět, jak špatně bylo vyřešeno spojení hlavní části s přístavkem. Cihly nebyly společně provázány a to způsobilo odtržení celé části a tím také vznikla díra na půdu přístavku, do které tedy zatéká.



11. Další fotografie zobrazuje půdu nad sýpkou, na které je zřejmý pokles pravého rohu místnosti.



12. Poslední řešenou částí je půda, která zaujímá plochu půdorysu stavby s výjimkou přístavku, který má vlastní půdu včetně vlastního krovu. Na půdě jsou vidět trámy, které byly při sestavování krovu již sekundárně použity, což se na nich dnes podepsalo. I přes špatný stav střešní krytiny, skrz kterou dovnitř zatéká, však není v tak špatném stavu, v jakém by se dalo očekávat. Ačkoliv krov plní svou nosnou funkci, některé prvky jsou v havarijním stavu, což je vidět na fotce v bodě 13. Mnohé z nich jsou velmi nasáklé vodou.



13.



3.4. Zkoušky provedené na místě

3.4.1. Ověření pevnosti v tlaku malty

Nejdříve byly provedeny zkoušky na ověření pevnosti v tlaku malty pomocí metody lokálního porušení pomocí upravené ruční vrtačky, tzv. Kučerovy vrtačky. Metoda je založena na vzájemném statisticky významném vztahu mezi pevností malty v očištěných spárách a odporem malty proti vnikání vrtáku. Je zde navíc příklep a počítadlo otáček a tlačná pružina v opěrce o předepsané tuhosti. Mírou odporu malty je pak hloubka vrtu vrtákem do zdiva o průměru 8 mm.

V první řadě se očistí zdivo, především ložné spáry, a to minimálně 20 mm od líce zdiva. Poté se stupnice na vrtačce nastaví do polohy 1 a pomocí mechanického příklepu se malta navrtává. Provádí se 3 vrty v jedné spáře, kdy se měří hloubka navrtání. Jestliže se liší jeden vrt, provede se další, pokud ani ten nevyhovuje, zkušební místo se vyřadí.

V následující tabulce jsou námi naměřené hodnoty libovolně vybraných míst na venkovní straně objektu v oblasti sýpky, a je k nim pomocí kalibračního vztahu přiřazená pevnost v tlaku. Jelikož se hodnoty nenachází v tabulce, musí být provedena extrapolace hodnot.

Tab.6 Hodnoty pevností v tlaku zkoušky in situ

Hloubka vrtu d [mm]	Pevnost tlaku f_m [MPa]
75	0,10
72	0,16
68	0,24
67	0,26

Z této zkoušky vyplývá, že zdivo nověji přistavěné sýpky bylo vzájemně provázáno velmi málo únosnou maltou na pevnost v tlaku. Průměrná hodnota pevnosti v tlaku těchto čtyř provedených zkoušek je 0,19 MPa, což je velmi málo. Dnešní hodnoty pevnosti v tlaku se pohybují od 2,5 MPa a více.

3.4.2. Měření vlhkosti dřeva

Stanovení vlhkosti dřevěné konstrukce či jejích částí je základním předpokladem pro správné určení fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Jedná se o hygroskopický materiál, který mění svou vlhkost v závislosti na vnějším prostředí. Se zvýšenou vlhkostí roste riziko napadení dřeva houbami a dřevokazným hmyzem, tím pak dochází ke snížení mechanických vlastností dřeva. Dřevo s vlhkostí do 10 % může být často napadené plísní, od 10 do 20 % je ideální, nad tuto hodnotu se stává náchylné na napadení.

V místech dřevěné konstrukce, kde je riziko výskytu zvýšeného obsahu vody, je nutno provést detailní průzkum, zhodnocení a rozsah vzniklého poškození.

K určování vlhkosti na místě (in situ) se používají příruční vlhkoměry kalibrované na určení vlhkosti s ohledem na druh dřeva a okolní teplotu.

Na tomto objektu byla vlhkost dřeva měřena na krovu střechy. Jednalo se o odporový vlhkoměr Hygrotest 6500, který spočívá v mimořádně velkém vlivu vlhkosti na elektrickém odporu dřeva. Kontakt přístroje se dřevem umožňují elektrody, které se ke dřevu pomocí zarážející sondy zavádějí do hloubky dřeva pomocí rázových přítlačů, ke kterým slouží posuvné madlo.

Výsledky měření jsou vyobrazeny v následujícím přehledu, který ale nesmíme považovat za směrodatný pro vyhodnocení stavu krovu, protože by se muselo provést mnohem více měření na více zkušebních místech. [22,23]

Tab.7 Výsledky zkoušky vlhkosti dřeva in situ

Měřeno při teplotě 10 °C po dešti	
Zkušební místo	vlhkost [%]
shora trámu pod dírou ve střeše	66,0
zespod trámu pod dírou ve střeše	15,0
náhodný trám č.1	13,7
náhodný trám č.2	13,3
prohnilý trám	9,0

Z tohoto měření jasně vyplývají výše popsaná fakta, která jsou závislá na vlhkosti. Trám měřený shora pod dírou ve střeše je předurčen k vysoké vlhkosti, čemuž také odpovídá výsledek měření 66,0 %. Měřené náhodné trámy byly vybrány v místech, kde nebyly zaznamenány známky napadení dřeva, což také vyplývá z naměřených hodnot 13,3 % a 13,7%.



Obr.25 Odporový vlhkoměr Hygrotest 6500 [25]



Obr.26 Měření odporovým vlhkoměrem v praxi [25]

3.4.3. Měření hustoty dřeva

Přístroj Pilodyn 6J, který byl využíván při znázornění hustoty dřeva, představuje jednoduché mechanické zařízení, které umožňuje měřit hloubku průniku trnu vystřeleného do dřeva při konstantní zařázcí síle 6 J.

Nejdříve se musí ručně stlačit pružina, dokud se nezasekne. Poté je přístroj kolmo přidržen ke zkušebnímu tělesu, následně je do dřeva vystřelen trn. Dosaženou hloubku zaražení hrotu lze pak odečítat přímo na stupnici přístroje. Naměřené hodnoty pak mohou být využity k hodnocení kvality povrchových vrstev dřeva. Čím větší hustota, tím více poškozené dřevo. [23]



Obr.27 Přístroj na měření hustoty dřeva Pilodyn 6J [25]

3.5. Příprava a zkoušky odebraných vzorků

Již při první návštěvě fary byly odebrány vzorky cihel a malt, aby se mohla stanovit jejich objemová hmotnost, poté srovnat s dnešními hodnotami cihel. Následně byly připraveny vzorky cihel tak, aby se na nich mohla zkoušet pevnost v tlaku.

Byly získány tři skupiny vzorků cihel, které byly označeny A, B, C.

Skupina A a B jsou cihly s negativním kolkem, byly vytvářeny ručně do truhlíkové formy s připevněným kolkem. Tyto cihly pocházejí patrně z přístavku objektu. Dle typu provádění lze zařadit tyto cihly do 19. století.

Skupina C jsou cihly s pozitivním kolkem II a jsou patrně z 18. či počátku 19. století, s největší pravděpodobností pocházejí z hospodářské přístavby fary.

Všechny tyto tři skupiny cihel volně ležely v objektu.

Poté bylo odebráno 6 vzorků malt.

3.5.1. Stanovení pevnosti v tlaku malty

Při pokusu stanovení pevnosti malty bylo snahou vyřezat z odebraných vzorků zkušební tělesa, ta se ale při řezání rozpadla a proto ji budeme brát jako hrubozrnnou vápenou pevnosti 0,4 MPa. Co se přístavku týče, nachází se tam jednoznačně jílová malta téže pevnosti. Tyto hodnoty korespondují s výsledky zkoušek provedených in situ pomocí Kučerovy vrtačky, což je popsáno výše.



Obr.28 Vzorky malty odebrané z objektu [25]

3.5.2. Stanovení objemové hmotnosti cihel

V první řadě byly cihly řádně očištěny od nečistot. Poté byla změřena délka, šířka a výška jednotlivých vzorků pomocí posuvného digitálního měřítka. Po naměření se očištěné vzorky zvážily. Všechny tyto hodnoty, včetně výpočtu objemové hmotnosti v suchém stavu cihel, jsou zaznamenány v následující tabulce.

Tab.8 Výsledky zkoušky objemové hmotnosti provedené v laboratoři

OBJEMOVÁ HMOTNOST							
označení vzorku	číslo vzorku	š [mm]	v [mm]	h [mm]	m [kg]	V [m ³]	ρ [kg/m ³]
A	1	306,270	155,190	68,730	4,895	0,003267	1498,436
	2	302,100	153,870	68,770	5,354	0,003197	1674,845
	3	306,780	154,500	69,410	5,350	0,003290	1626,208
průměr							1599,830

OBJEMOVÁ HMOTNOST							
označení vzorku	číslo vzorku	š [mm]	v [mm]	h [mm]	m [kg]	V [m ³]	ρ [kg/m ³]
B	1	298,670	151,370	65,750	4,665	0,002973	1569,367
	2	299,310	151,770	64,740	4,853	0,002941	1650,177
	3	298,810	152,860	68,260	4,850	0,003118	1555,559
průměr							1591,701

OBJEMOVÁ HMOTNOST							
označení vzorku	číslo vzorku	š [mm]	v [mm]	h [mm]	m [kg]	V [m ³]	ρ [kg/m ³]
C	1	292,800	146,530	76,600	5,051	0,003286	1536,919
	2	295,330	147,260	73,480	4,900	0,003196	1533,326
průměr							1535,123

Z vypočítaných hodnot objemové hmotnosti cihel bylo zjištěno, že objemová hmotnost cihel vyrobených v 18. a 19. století je nižší než cihel plných pálených používaných v dnešní době. To je způsobeno tím, že dříve neměli možnost vyrobit tak kvalitní cihlářský střepek, jak je tomu dnes. Svou objemovou hmotností 1500 - 1600 kg/m³ se blíží spíše dnes používaným cihlám děrovaným, které mají objemovou hmotnost okolo 1400 - 1600 kg/m³, než cihlám plným páleným s objemovou hmotností 1800 - 1900 kg/m³.

Na fotografiích je vidět, že rozdíl hmotnosti prvního vzorku skupiny a ostatních je způsoben ulomeným rohem cihly, takže by se ve standardní podobě objemová hmotnost přibližně rovnala ostatním hodnotám a nesnižovala by průměrnou hodnotu.



Obr.29 Cihly s negativním kolkem skupiny A [25]



Obr.30 Cihly s negativním kolkem skupiny B [25]



Obr.31 Cihly s pozitivním kolkem skupiny C [25]

3.5.3. Stanovení pevnosti v tlaku cihel

Před zahájením měření byly z povrchu vzorků umytím a okartáčováním odstraněny přebytečné částičky minerálů a nečistot. Následně se vzorky nechaly při normální teplotě usušit a dále byly diamantovou pilou nařezány na poloviny. Pro eliminaci nerovností povrchu byly použity vyrovnávací podložky. Dle normy se pak na polovinách cihel stanovila pevnost v tlaku vždy jen na dvou cihlách z každé skupiny.

Tab.9 Výsledky zkoušky pevnosti v tlaku provedené v laboratoři

PEVNOST V TLAKU									
označení vzorku	číslo vzorku	polovina	š [mm]	v [mm]	h [mm]	A [m ²]	F [N]	f _{b,i} [N/mm ²]	f _b [N/mm ²]
A	1	1/2	154	151	67	0,0233	273 600	11,77	8,82
	1	2/2	154	151	67	0,0233	278 300	11,97	8,98
	2	1/2	153	149	72	0,0228	372 400	16,34	12,25
	2	2/2	153	153	72	0,0234	411 300	17,57	13,18
průměr								14,41	10,81

PEVNOST V TLAKU									
označení vzorku	číslo vzorku	polovina	š [mm]	v [mm]	h [mm]	A [m ²]	F [N]	f _{b,i} [N/mm ²]	f _b [N/mm ²]
B	1	1/2	150	150	66	0,0225	81 600	3,63	2,72
	1	2/2	144	150	66	0,0216	89 400	4,14	3,10
	2	1/2	150	150	66	0,0225	395 300	17,57	13,18
	2	2/2	145	150	66	0,0218	378 100	17,38	13,04
průměr								10,68	8,01

PEVNOST V TLAKU									
označení vzorku	číslo vzorku	polovina	š [mm]	v [mm]	h [mm]	A [m ²]	F [N]	f _{b,i} [N/mm ²]	f _b [N/mm ²]
C	1	1/2	145	147	75	0,0213	177 400	8,32	6,24
	1	2/2	145	136	75	0,0197	198 100	10,05	7,53
	2	1/2	144	150	69	0,0216	209 400	9,69	7,27
	2	2/2	144	138	69	0,0199	235 200	11,84	8,88
průměr								9,97	7,48

- F síla v tlaku
- $f_{b,i}$ pevnost v tlaku tělesa
- f_b normalizovaná pevnost v tlaku

Průměrná normalizovaná pevnost v tlaku stanovená na vzorku A je $10,81 \text{ N/mm}^2$, vzorku B $8,01 \text{ N/mm}^2$ a C $7,48 \text{ N/mm}^2$. V poslední fázi byly na základě vypočítaných předchozích průměrných hodnot a určení pevnosti malty vypočítány charakteristické a návrhové pevnosti zdiva v tlaku.

Tab.10 Charakteristická a návrhová pevnost v tlaku

CHARAKTERISTICKÁ A NÁVRHOVÁ PEVNOST			
	A	B	C
$f_k [\text{N/mm}^2]$	1,769	1,434	1,367
$f_d [\text{N/mm}^2]$	0,526	0,427	0,407

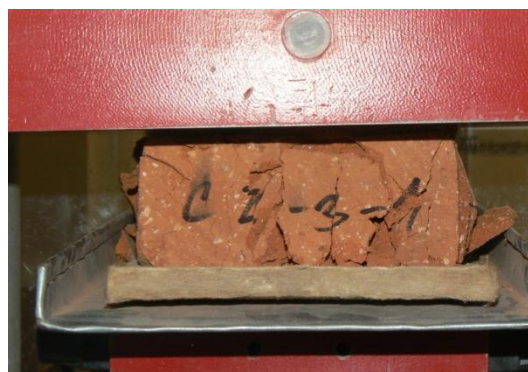
- f_k charakteristická pevnost zdiva v tlaku
- f_d návrhová pevnost zdiva v tlaku



Obr.32 Vzorky cihel připravené ke zkoušce pevnosti v tlaku [25]



Obr.33 Ukázka cihly před porušením [25]



Obr.34 Ukázka cihly po porušení [25]

Z výsledků zkoušek provedených v laboratoři na vzorcích odebraných z objektu je zřejmé, že pevnost v tlaku cihel odpovídá vizuálnímu vzhledu cihelného střepu.

Největší charakteristická pevnost zdiva v tlaku byla stanovena na vzorku A a to číselně $1,769 \text{ N/mm}^2$, návrhová pevnost zdiva pak $0,526 \text{ N/mm}^2$. Naopak nejmenší charakteristická pevnost v tlaku byla stanovena na vzorku C $1,367 \text{ N/mm}^2$ s návrhovou pevností $0,407 \text{ N/mm}^2$. Vzorky C, které byly použity v hospodářské části, mají menší pevnosti než vzorky A a B odebrané v přístavku, z čehož by se dalo potvrdit tvrzení, že hospodářská část byla stavěná dříve, za použití méně kvalitních cihel, než přístavek, za použití již lepších cihel.

Celková pevnost je tedy menší, než pevnost dnes používaných cihel, jejich kvalita však není špatná narozdíl od malty, která váže zděné stavivo v jeden celek, ta má pevnost velmi malou.

4. Závěr

V teoretické části je zpracován přehled historického vývoje cihel ze všech různých úhlů pohledu. Na základě zjištěných faktů lze konstatovat, že se cihly ve své podstatě již od svého vzniku příliš nezměnily. Stále mají podobný tvar, rozměry se změnily jen málo, výrobní materiál téměř vůbec. Vazba zdiva zůstala rovněž na stejném principu. Již dávno bylo známo, že vhodně zvolené provázání kusových staviv je podstatnou podmínkou pro správný přenos sil svislého zatížení prostřednictvím zděných prvků. Jediné, co se poměrně dosti změnilo je technologie výroby. Od tradiční výroby ve formách, kdy následoval dlouhý proces sušení a výpalu se přešlo k výrobě v automatizovaných cihlárnách. Je to následek potřeb dnešní zrychlené doby, kdy je tlak na produkci výrobků jakýchkoliv tvarů v krátkém čase.

Samotná praktická část se věnuje průzkumu Fary ve Veverských Knínících. Celkový stav objektu není havarijní a stojí za záchranu, jsou však nutné opravy a fixace. Do stavby intenzivně zatéká a tím vznikají plísňe na stěnách. Jediné, co by vyžadovalo celkovou demolici je přístavek. Nejen, že není správně odvodněn, neboť vyústění svodu dešťové vody vede nad úroveň terénu a tím je strhávána celá přístavba, ale je také špatně připojen k hlavní budově. Na stěnách se nachází drobné i větší trhliny, to však není velký problém, protože ty mohly vzniknout sedáním celé budovy, což lze považovat za přirozený proces.

Nezbytnou součástí práce je výčet zkoušek cihelného zdiva v konstrukci, který byl následně využit při vyhodnocování stavu zkušebních těles odebraných vzorků.

Pro záchranu této budovy by stačilo realizovat nový krov, na něj osadit novou střešní krytinu, skrz kterou by nezatékalo, následně řádně odvést dešťovou vodu do kanalizace. Určitě je vhodné budovu nezateplovat, jelikož by se objekt díky vysoké vlhkosti budovy a rozšířené plísni dusil. Vhodné by bylo také provést sondy základů, ty se ale z vizuálního hlediska nezdají být nekvalitní. Dále by bylo dobré odstranit okolní stromy a keře, jejichž kořeny prorůstají do sklepa nacházejícího se pod sýpkou. Jestliže by byl zájem o celkovou revitalizaci budovy pro bydlení, nebo jiné každodenní využití, bylo by vhodné vyměnit okna a srovnat prolomenou podlahu v hospodářské části sýpky.

Seznam použité literatury

- [1] *Cihla a její historie* [online]. 2017 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://wienerberger.cz/fakta/cihla-a-jej%C3%AD-historie>
- [2] *Staré cihly: Historie cihel se značkami* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: http://davar.cz/badatelna/xref/cih_historie.htm
- [3] *Cihly - ekologický stavební materiál s tradicí* [online]. [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <http://www.naseinfo.cz/cihly-ekologicky-stavebni-material-s-tradici>
- [4] *Forum urbes medii aevi VI.: Surovinová základna a její využití ve středověkém městě*. 1. Brno: Archaia Brno, 2011. ISBN 978-80-903588-6-7. ISSN 18031749.
- [5] EBEL, Martin, ed. *Sborník vybraných referátů z konference Dějiny staveb*. 1. Ústí nad Labem: Fakulta Architektury ČVUT, 2001. ISBN 80-86596-02-8.
- [6] LACH, Vladimír. *Teoretické základy výroby stavebních látek, Keramika II*. 1. Brno: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1989.
- [7] KOŠATKA, Pavel, Karel LORENZ a Jitka VAŠKOVÁ. *Zděné konstrukce 1*. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010.
- [8] Kol. autorů. *Cihlářský lexikon*. 1.: Cihlářský svaz Čech a Moravy, 2001.
- [9] ČSN EN 1996-2: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva: Český normalizační institut, 2007.
- [10] ČSN EN 1996 - 1-1+A1: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [11] *Z receptáře cihelných staveb* [online]. 2014 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: <http://www.stavimedium.cz/z-recept%C3%A1%C5%99e-ciheln%C3%BDch-vazeb/>
- [12] ŠEFCŮ, Ondřej. *100 osvědčených stavebních detailů: zednictví*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-3580-1.
- [13] *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezku*. 1. Brno: Masarykova univerzita, 2012.
- [14] ADÁMEK, Jiří, Bohumil NOVOTNÝ a Jan KOUKAL. *Stavební materiály*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1997. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0631-3.
- [15] *Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci* [online], 2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C3_N%C3%A1vod_zdivo_2016.pdf

- [16] ČSN 73 0038: *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - doplňující ustanovení*: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [17] ČSN EN 772 - 1 + A1: *Zkušební metody pro zdící prvky - Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku*: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [18] *Historie obce* [online]. 2017 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.veverskekninice.cz/obec-7/historie/>
- [19] *Vlastivěda Moravská*. 1. Brno: Tiskem moravské akciové knihtiskárny, 1904.
- [20] *Kronika: Veverské Knínice*.
- [21] *HILTI PD 30: Laserový dálkoměr*. 2003.
- [22] HEŘMÁNKOVÁ, V.; KLOIBER, M.; TIPPNER, J.; ANTON, O., Diagnostické metody pro hodnocení konstrukčního dřeva, příspěvek na konferenci Sborník recenzovaných příspěvků konference Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2011, ISBN 978-80-214-4338-9, VUT v Brně, Brno, 2011
- [23] KLOIBER, Michal. *Nedestruktivní zjišťování vlastností dřeva: Dizertační práce*. 1. Brno: Mendelova Univerzita v Brně, 2007.
- [24] *Technická měření a diagnostika staveb* [online]. Ostrava: 2009 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z: https://www.fast.vsb.cz/export/sites/fast/206/cs/resene-projekty/frvs-2009-2529/5_diagnostika_drevenych_konstrukci.pdf

Seznam použitých obrázků

- [25] vlastní zpracování
- [26] Obr.2 *Kupole katedrály Santa Maria del Fiore, Florencie* [online]. 2015 [cit. 2017-03-22]. Dostupné z: <https://operaduomo.firenze.it/en/magazine/posts/the-dome-s-construction-work-begins-on-august-7th-1420>
- [27] Obr.3 *Hampton Court Palace* [online]. 2014 [cit. 2017-05-21]. Dostupné z: http://images.hrp.org.uk/en/set/show_content_page.html?category=24&set=7&qw=
- [28] Obr.5-11 KOŠATKA, Pavel, Karel LORENZ a Jitka VAŠKOVÁ. *Zděné konstrukce 1. 1.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010.
- [29] Obr.14 *Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci: Směrný kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku celých plných pálených cihel na jižní Moravě z hodnoty odrazu měřené tvrdoměrem Schmidt LB.* [online], 2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C3_N%C3%A1vod_zdivo_2016.pdf
- [30] Obr.16 *Zkoušení cihelného zdiva v konstrukci: Umístění vrtu ve spáře zdiva (řez zdivem).* [online], 2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/BI52/2016/ESF_C3_N%C3%A1vod_zdivo_2016.pdf